

**Der Einfluß einer
anabolen Präparation auf den
Magnesium-Haushalt von Mastkälbern**

Gerhard Adam

1976

Aus dem Institut für Physiologie, Physiologische Chemie
und Ernährungsphysiologie im Fachbereich Tiermedizin
der Universität München

Arbeit angefertigt unter der Leitung von
Priv. Doz. Dr. J. Gropp

DER EINFLUSS EINER ANABOLEN PRÄPARATION AUF DEN
MAGNESIUM-HAUSHALT VON MASTKÄLBERN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
des Fachbereichs Tiermedizin der
Ludwig-Maximilians-Universität München

von
Gerhard Adam
aus
München

München 1976

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs
Tiermedizin der Universität München

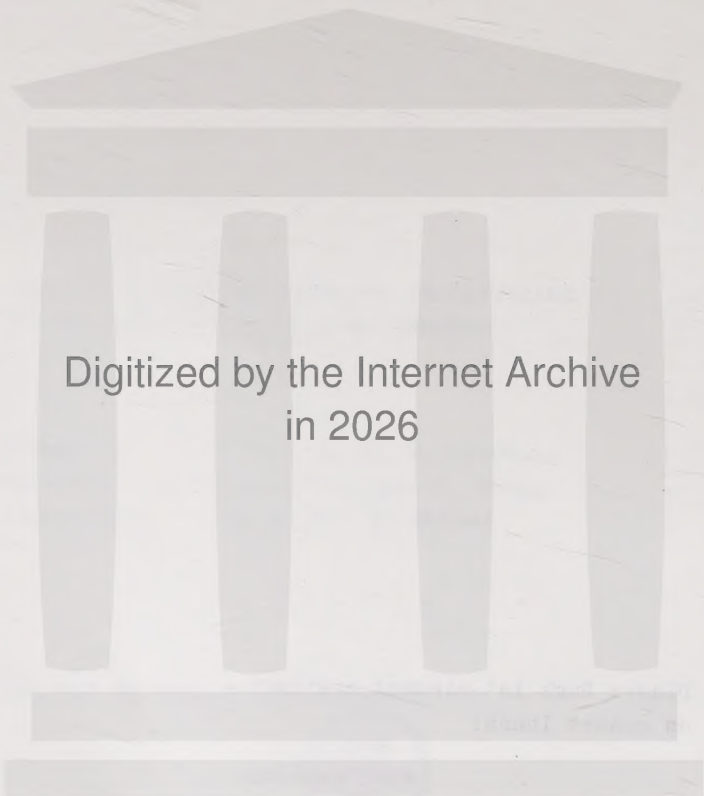
Dekan:	Prof. Dr. B. Vollmerhaus
Referent:	Priv. Doz. Dr. J. Gropp
Koreferent:	Prof. Dr. K. Walser

Tag der Promotion: 27. Februar 1976



Dieses Buch ist niemand gewidmet -
es gehört Ihnen!

Karl Valentin



Digitized by the Internet Archive
in 2026

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1 EINLEITUNG	1
2 LITERATURÜBERSICHT	3
2.1 17 β -Östradiol und Trenbolonacetat	3
2.2 Zur anabolen Wirkung von 17 β -Östradiol+ Trenbolonacetat	5
2.3 17 β -Östradiol+Trenbolonacetat - Einfluß auf den Magnesiumhaushalt	9
2.4 Magnesiumstoffwechsel des Mastkalbes	11
2.4.1 Intestinale Magnesiumabsorption	11
2.4.2 Magnesiumkonzentration im Blutplasma	12
2.4.3 Renale Magnesiumausscheidung	13
2.4.4 Magnesium im Skelett	14
2.4.5 Regulation des Magnesiumstoff- wechsels	15
3 MATERIAL UND METHODEN	16
3.1 Versuchstiere	16
3.2 Fütterung der Versuchstiere	16
3.3 Implantation	19
3.4 Blutprobenentnahme	19
3.5 Quantitative Harnsammlung	20
3.6 Magnesiumbestimmung	23
3.6.1 Magnesiumbestimmung im Blutplasma	23
3.6.2 Magnesiumbestimmung im Harn	24
3.6.3 Magnesiumbestimmung im Kot	24
3.6.4 Magnesiumbestimmung im Skelett	25
3.6.5 Magnesiumbestimmung im Milch- austauschfutter	26

	Seite
3.7 Statistische Methoden	26
4 ERGEBNISSE	28
4.1 Magnesiumkonzentration im Blutplasma von weiblichen Kälbern	28
4.2 Renale Magnesiumausscheidung bei weiblichen Kälbern	34
4.3 Magnesiumkonzentration im Blutplasma von männlichen Kälbern	35
4.4 Renale Magnesiumausscheidung bei männlichen Mastkälbern	40
4.5 Magnesiumausscheidung in den Faeces	41
4.6 Magnesiumgehalt im Knochen männlicher und weiblicher Kälber	45
5 DISKUSSION	47
5.1 Magnesium im Blutplasma	47
5.2 Magnesium im Harn	50
5.3 Magnesiumausscheidung im Kot	51
5.4 Magnesiumversorgung	54
6 ZUSAMMENFASSUNG	56
SUMMARY	58
7 LITERATURVERZEICHNIS	60
LEBENS LAUF	67

1 EINLEITUNG

Unter Anabolika sind Substanzen (beziehungsweise Substanzkombinationen) zu verstehen, die Wachstum und Proteinansatz von Tieren (und Menschen) positiv beeinflussen. Die wichtigsten derzeit in der tierischen Produktion verwendeten Anabolika entfalten im Organismus hormonelle Wirkungen, die denen der Sexualhormone entsprechen (HOFFMANN, 1975).

Gemäß der heute gültigen Lebensmittelgesetzgebung (§4b des Lebensmittelgesetzes vom 12.12.1958) ist es in der Bundesrepublik Deutschland verboten, "lebenden Tieren Stoffe mit östrogener oder thyreostatischer Wirkung einzupflanzen, um die Beschaffenheit des Fleisches oder den Fleisch- oder Fettansatz zu beeinflussen". Mit dieser Formulierung wird dem Schutzanspruch des Verbrauchers vom Tier stammender Produkte Rechnung getragen.

Gleichzeitig aber ist die deutliche Wirkung einiger anaboler Substanzen am Tier unbestritten. In den USA sind artifizielle Östrogene (z.B. Diäthylstilboestrol) für den vom Lebensmittelgesetz in der BRD verbotenen Zweck amtlich zugelassen. In vielen Ländern wird diskutiert, ob eine potentielle Gefährdung des Verbrauchers durch hormonartige Rückstände beispielsweise im Fleisch nicht unterschiedlich zu beurteilen sei, je nachdem diese Rückstände als Folge der Behandlung mit artifiziellen oder natürlichen Hormonen als Anabolika (z.B. Östradiol) auftreten.

Aus §4b des LMG geht weiter auch hervor, daß der Tierarzt im Zuge therapeutischer Maßnahmen Anabolika verwenden darf. Daraus ist ein bestimmter wissenschaftlicher Nachholbedarf ersichtlich (BRÜGGEMANN, RICHTER, 1975).

Am Institut für Physiologie, physiologische Chemie und

Ernährungsphysiologie im Fachbereich Tiermedizin der Universität München werden seit 1970 die Auswirkungen von Anabolika auf verschiedene physiologische Parameter von Mastkälbern geprüft. In einer Untersuchung, die sich mit möglichen Nebeneffekten eines anabolen Präparates auch in Überdosierung auf den Stoffwechsel des Kalbes befaßt, konnte eine dosisabhängige Beeinflussung der Magnesiumverwertung nicht ausgeschlossen werden (GROPP et al., 1975b).

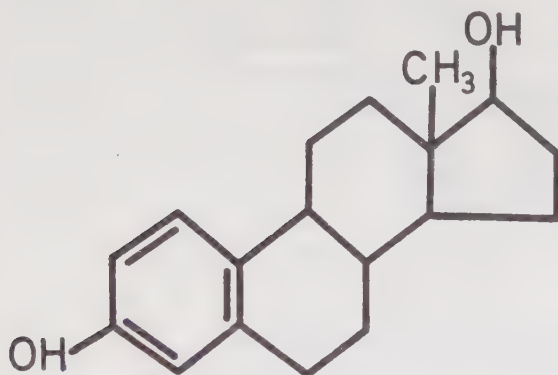
Die hier vorgelegten Versuche verfolgen das Ziel, die Wirkung eines anabolen Präparates (17 β -Östradiol+Trenbolonacetat) auf den Magnesiumstoffwechsel von Mastkälbern beiderlei Geschlechts abzuklären, da in den oben zitierten Untersuchungen nur je drei Kuhkälber pro Versuchsgruppe zur Verfügung gestanden hatten. Die verwendete Dosierung entspricht mit 200mg 17 β -Östradiol + 1400mg Trenbolonacetat dem Zehn-fachen der vom Hersteller empfohlenen anabol-wirksamen Dosis.

2 L I T E R A T U R Ü B E R S I C H T

2.1 17 β -Östradiol und Trenbolonacetat

17 β -Östradiol (Abb.1) gehört zu einer Gruppe anaboler Steroidverbindungen, die den körpereigenen Hormonen entsprechen (endogene Steroide). Es stellt das biologisch wichtigste Östrogen dar. Zur Gruppe der endogenen Steroide zählen ferner das Gelbkörperhormon Progesteron sowie das Hodenhormon (Androgen) Testosteron.

Abb.1 Strukturformel von 17 β -Östradiol

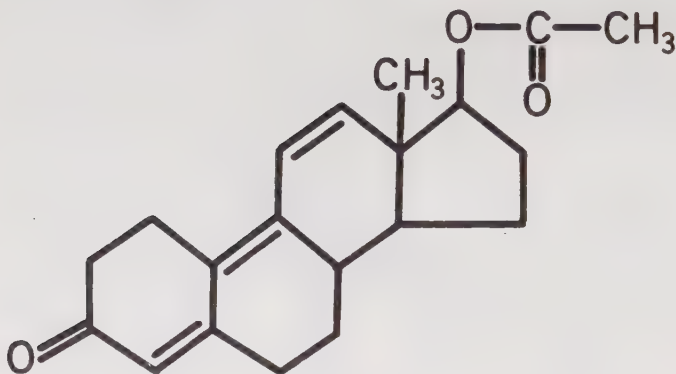


17 β -Östradiol
1,3,5,-Östradien-3,17 β -diol

Trenbolon-Acetat (Abb.2), das androgen wirksam ist, wird einer Gruppe von Steroidverbindungen zugeordnet, deren Struktur sich von körpereigenen Hormonen unterscheidet. Bei dieser Substanz wurde das Steroidgerüst

durch die Einführung weiterer Doppelbindungen, sowie einer Acetylgruppe entsprechend modifiziert (HOFFMANN, 1975).

Abb.2 Strukturformel von Trenbolonacetat



Trenbolonacetat

17 β -Acetoxy-östra-4,9,11-trien-3-on

Eine Dosis REVALOR ¹⁾ enthält 20mg 17 β -Östradiol + 140mg Trenbolonacetat. Es liegt in pelletierter Form (8 Mikropellets = 1Dosis) auf der Basis von Laktose vor. Revalor wird bei sachgerechter Anwendung streng subcutan entweder am Ohrgrund oder in den Triel implantiert.

1) Fa. Sovetal, 35 Boulevard des Invalides, Paris

2.2 Zur anabolen Wirkung von 17 β -Östradiol + Trenbolonacetat

TIEWS und Mitarbeiter publizierten 1972 erste Ergebnisse mit 25mg Östradiolbenzoat und 140mg Trenbolonacetat in der Kälbermast unter landesüblichen Haltungs- und Fütterungsbedingungen. Aus den Daten von insgesamt 94 Höhenfleckvieh-Bullkälbern ging hervor, daß durch die Applikation eines Anabolikums Gewichtsentwicklung, Futterverwertung und Stickstoffretention positiv beeinflusst wurden. Damit waren in zootechnischer Hinsicht die wesentlichsten Forderungen, die man an ein brauchbares Anabolikum stellt, erfüllt. Auf die gesamte Mastdauer von 11 Wochen bezogen, ergaben sich dabei durchschnittliche Verbesserungen der Körpergewichtszunahmen um 14% und 9% bei der Futterverwertung. Die Stickstoffretention war in gleichem Umfang erhöht wie die Gewichtsentwicklung, solange die tägliche Zunahme 2000g/Tag nicht überschritt (BRÜGGEMANN et al., 1973).

Gleichzeitig konnte auch von VAN DER WAL und Mitarbeitern (1972/73) in Versuchen an insgesamt 680 Bullkälbern gezeigt werden, daß die Applikation der Kombination 17 β -Östradiol und Trenbolonacetat einen signifikanten Effekt auf Gewichtszunahme und Proteinansatz ausübt, der in seiner Größenordnung nur mit Diäthylstilboestrol verglichen werden konnte. Alle anderen geprüften Präparationen (Östradiol, Testosteron und Progesteron; einzeln oder in Kombination), die ebenfalls zu deutlichen Leistungssteigerungen führten, blieben in ihrer Wirkung auf die genannten Parameter gegenüber der Östradiol-Trenbolon-Kombination zurück (VAN DER WAL und BERENDE, 1973; VAN DER WAL und VAN WEERDEN, 1973; VAN DER WAL et al., 1972).

Auch die Ergebnisse der Untersuchungen von BOEHNCKE und GROPP (1973,1975) belegen, daß die durch 17 β -Östradiol + Trenbolonacetat erzielte Wachstumssteigerung mit einer entsprechenden Erhöhung der N-Retention einhergeht. In einem Wachstumsversuch an 42 männlichen Mastkälbern lagen die Gewichtszunahmen behandelter Tiere um durchschnittlich 18% über denjenigen der Kontrollgruppe. Die Steigerungsrate für die Stickstoffretention wurde mit 21% noch geringfügig höher gemessen.

In einem zweiten Versuch an 23 männlichen und 22 weiblichen Mastkälbern mit verschiedenen anabolen Präparaten wurde die Stickstoffeinlagerung/1000g Zuwachs für die ersten 6 Wochen nach Implantation errechnet. In der Kontrollgruppe betrug die tägliche Wachstumsrate 1138g, die N-Retention lag bei 35.5g/Tag. Die Verabreichung von 36mg Zeranol/Kalb erhöhte beide Werte um je 10%.

Nach Implantation von 17 β -Östradiol + Progesteron (20 + 200mg bei männlichen Tieren) bzw. 17 β -Östradiol + Testosteron (20 + 200mg bei weiblichen Tieren) wurde eine um 24% höhere Stickstoffretention und eine um 21% gesteigerte Wachstumsrate gemessen. Die Kombination 17 β -Östradiol + Trenbolonacetat (20 + 140mg) verbesserte die entsprechenden Parameter um 26 bzw. 24%. Demnach fanden sich keine Hinweise auf einen unterschiedlichen Proteingehalt der Gewichtszunahme als Folge einer Anabolikumbehandlung (N-Retention/kg Gewichtszunahme in der Kontrollgruppe: 31.2g, in der Östradiol + Trenbolongruppe: 32.1g).

Da exakte Aussagen über den leistungssteigernden Effekt von Anabolika in der Kälbermast fast ausschließlich aus "Institutsversuchen" bekannt sind, wurde ein Feldversuch an insgesamt 1236 Mastkälbern in einem Mastbetrieb durchgeführt, in dem die obengenannten Präparationen in der gebräuchlichen Dosierung eingesetzt wurden. Es ergaben sich zwischen den Sub-

stanzen Zeranol (36mg), 17 β -Östradiol + Progesteron (20 + 200mg) bzw. 17 β -Östradiol + Testosteron (20 + 200mg) und 17 β -Östradiol + Trenbolonacetat (20 + 140mg) signifikante Unterschiede bezüglich der Wachstumsleistung (anabole Wirksamkeit: 1:3:4). Die in dem vorangegangenen Pilotversuch (GROPP et al., 1975a) ermittelte Reihenfolge in der anabolen Wirksamkeit (Zeranol, Östrogen + Progesteron, Östrogen + Testosteron, Östrogen + Trenbolon) wurde durch die unter Praxisbedingungen gewonnenen Daten im Feldversuch bestätigt. Aus den zitierten Ergebnissen läßt sich die überragende anabole Potenz der Östradiol-Trenbolon-Kombination ablesen.

Aus den von SCHULZ, BRANDT und ERBERSDOBLER (1975) am Tiermaterial dieser Versuche (GROPP et al., 1975a/b) durchgeführten Untersuchungen ging hervor, daß die Zusammensetzung des Muskelfleisches sich im Proteingehalt zwischen Anabolikagruppen und Kontrollgruppe nicht unterschied. Dies steht in Einklang mit den Schätzungen von N-Retentionswerten (BOEHNCKE, GROPP, 1975).

Nach Untersuchungen von FISCHER und SCHRÖDER (1975) wird auch die Fleischqualität (pH-Wert, Fleischfarbe, Saftigkeit, Wasserbindungsvermögen, Bratverlust) der mit Hormonen behandelten Kälber nicht negativ beeinflusst. Es ist eher die Tendenz einer positiven Wirkung zu erkennen, die jedoch wegen der geringen Tierzahl statistisch nicht gesichert war.

In einem weiteren Versuch wurden die Auswirkungen von einfachen und mehrfach überhöhten Dosen von Östradiol und Trenbolonacetat -einzeln oder in Kombination- geprüft (GROPP et al., 1975b). Aus Tabelle 1 sind Wachstumsrate und Futterverwertung der einzelnen Ver-

suchsgruppen zu entnehmen.

Tabelle 1 Tägliche Zunahme und Futterverwertung von
30 HFV-Kälbern (q)

	K	Ö	Ö25	T	T25	ÖT	ÖT10	ÖT25
Anzahl d. Tiere (n)	11	3	3	3	2	2	3	3
Tägl. Zu- nahme (g)	1222	1327	1427	1333	992	1260	1643	1308
Futterver- wertung	2.03	2.05	1.78	1.95	2.23	1.86	1.58	1.89

Die tägliche Gewichtszunahme der 11 Kontrollkälber (K) betrug im Versuchszeitraum (70 Tage) 1222g. Die Tiere der Ö25 (500mg 17 β -Östradiol) bzw. ÖT10 (200mg 17 β -Östradiol + 1400mg Trenbolonacetat) Gruppe erreichten mit 1427 bzw. 1643g die höchsten Zunahmeraten. Die ÖT25-Versuchsgruppe blieb mit 1308g täglicher Zunahme deutlich hinter der ÖT10-Gruppe zurück.

Für verschiedene klinische Parameter (Blutglukose, Haemoglobingehalt des Blutes, Hämatokrit, Differentialblutbild, Serum-GOT, GPT, LDH, alkalische Phosphatase, Cholesterin, Bilirubin, spezifisches Gewicht des Harnes, Harn-pH) konnten zwischen der Kontrollgruppe und den Versuchsgruppen ÖT10 bzw. ÖT25 keine Unterschiede festgestellt werden. Auch der Calcium- und Phosphorstoffwechsel wurde - soweit sich dies aus Verlaufsuntersuchungen der Calcium- und Phosphorkonzentration im Blutserum, sowie aus dem Calcium- und Phosphorgehalt der Knochenasche ableiten läßt - von der 10- bzw. 25-fachen

Östradiol und/oder Trenbolon-Überdosierung nicht beeinflussen.

2.3 17 β -Östradiol + Trenbolonacetat - Einfluß auf den Magnesiumgehalt

Im Magnesiumhaushalt der Versuchsgruppen ÖT10 und ÖT25 (s. Tab.1) zeigten sich jedoch - verglichen mit den Kontrollkälbern - erhebliche Veränderungen. Bereits in der ersten (ÖT25) bzw. zweiten Woche (ÖT10) nach der Implantation begann die Magnesiumkonzentration im Blutplasma dieser beiden Gruppen von den Ausgangswerten 1.88 bzw. 1.76 auf 1.46 bzw. 1.23mg pro 100ml Plasma abzusinken und verblieb bis zur vierten Versuchswoche unterhalb der in der Kontrollgruppe gemessenen Werte (1.45 und 1.25). In der zweiten bis vierten Woche nach Verabreichung des Anabolikums stellte sich ein relativ konstantes, und im Vergleich zur Kontrollgruppe niedriges Niveau von 1.45 und 1.24mg/100ml Plasma ein.

Da ein ähnlicher Effekt bisher nicht beschrieben wurde, und die hormonelle Steuerung des Magnesiumstoffwechsels noch weitgehend unaufgeklärt ist, versuchten GROPP und Mitarbeiter (1974) die aufgetretenen Anzeichen eines Magnesiummangels zunächst als Folge extrem hoher Wachstumsraten zu deuten. In dem betreffenden Versuch wurden infolge der Hormonapplikation Gewichtszunahmen erzielt, die teilweise über 2500g/Tag lagen und in manchen Wochen von einem Futterverbrauch von nur 1 kg Milchaustauschfutter/kg Gewichtszunahme begleitet waren. Bei 0.14% Magnesium im Milchaustauschfutter bedeutete dies eine Magnesiumzufuhr von nur 1.4g/kg Zuwachs.

Gegen einen direkten Zusammenhang zwischen hohen Wachstumsraten (= .geringer Futterverbrauch/kg Zuwachs = geringes Magnesiumangebot/kg Zuwachs) und dem Absinken der Magnesiumkonzentration im Plasma sprechen allerdings die in Tab.2 zusammengestellten Daten.

Tabelle 2 Implantationsdosis, Wachstumsleistung und Magnesiumkonzentration im Blutplasma bei 15 Mastkälbern (GROPP und Mitarbeiter, 1975b)

Implantations- dosis	n	Gewichtszu- wachs g/Tag (Relativ- zahlen)	mg Mg/100 ml Plasma (Mittel- wert, 2.-4. Wo)
Kontrolle	11	1222(100)	1.86
200mg 17 β -Östra- diol+1400mg Tren- bolonacetat(ÖT10)	3	1643(134)	1.45
500mg 17 β -Östra- diol+3500mg Tren- bolonacetat(ÖT25)	3	1308(107)	1.25

Obwohl in der Gruppe ÖT25 der stärkste Abfall des Plasmamagnesiumgehalts gemessen wurde, waren hier die Gewichtszunahmen wesentlich geringer (%) als in der Gruppe ÖT10 ausgefallen.

Der Abfall des Magnesiumblutspiegels ging mit einer starken Einschränkung der Magnesiumausscheidung im Harn einher. Dies war in der Gruppe ÖT25 deutlicher ausgeprägt als bei den Tieren, die das 10-fache der

üblichen Arbeitsdosierung (20mg 17 β -Östradiol + 140mg Trenbolonacetat) erhalten hatten. Im Bereich 1.15 - 1.60 mg Mg/100ml Plasma lagen alle Magnesiumkonzentrationen in den entsprechenden Spontanharnproben unter 1 mg Mg/100ml. Da die Plasmawerte mit den Harnwerten eng korreliert waren ($r=0.73$; $n=100$; $p<0.001$), wurde eine dosisabhängige Beeinflussung der Magnesiumverwertung durch die Kombination Östradiol + Trenbolonacetat nicht ausgeschlossen. Diese Schlußfolgerung erfährt weitere Berechtigung, weil sich ein Hinweis auf eine Magnesiummangelerscheinung außerdem im Skelett (erster Schwanzwirbel) aller untersuchten Tiere ($n=30$) zeigte. Aus diesem Grund läßt sich das Absinken der Magnesiumkonzentration im Blutplasma nicht als ein Effekt der renalen Magnesiumausscheidung erklären. Die genannten Autoren schließen vielmehr auf eine Verminderung des verfügbaren Magnesiums.

2.4 Magnesiumstoffwechsel des Mastkalbes

2.4.1 Intestinale Magnesiumabsorption

Die intestinale Magnesiumabsorptionsrate unterliegt nach Untersuchungen von MEYER (1963) starken, altersabhängigen und individuellen Schwankungen. Aus Bilanzversuchen an insgesamt sechs milchernährten Kälbern ließ sich ein Trend zur Abnahme der scheinbaren Magnesiumverdaulichkeit mit zunehmendem Lebensalter erkennen. So betrug beispielsweise die scheinbare Magnesiumverdaulichkeit bei einem 3 - 6 Wochen alten Kalb 53.5% (Dauer des Bilanzversuchs: 3 Wochen) und war bis zum Lebensalter von 9 - 11 Wochen mit 29.2%

nahezu auf die Hälfte abgesunken (Dauer des Bilanzversuchs: 2 Wochen). Allerdings treten auch zwischen Tieren gleichen Alters erhebliche Unterschiede auf. Bei zwei 4 - 6 Wochen alten Kälbern ermittelte MEYER (1963) Werte von 71.8 und 44.2%.

Die scheinbare Magnesiumverdaulichkeit ist nicht ohne weiteres mit der tatsächlichen Magnesiumabsorption (wahre Magnesiumverdaulichkeit) gleichzusetzen. Erstere kann aber mit hinreichender Genauigkeit als Anhaltspunkt für den Umfang der intestinalen Magnesiumabsorption angesehen werden. Von MEYER (1963) wird vermutet, daß der Unterschied zwischen wahrer und scheinbarer Magnesiumverdaulichkeit beim funktionell monogastrischen Kalb nicht sehr groß ist, da infolge der geringen Speichelproduktion und des niedrigen Magnesiumgehaltes im Speichel (Mittelwert: 6.9mg Mg/l Speichel; Mittelwert beim ruminierenden Rind: 19.5mg Mg/l Speichel) auf diesem Wege nur verhältnismäßig kleine Mengen endogenen Magnesiums in den Verdauungstrakt gelangen.

2.4.2 Magnesiumkonzentration im Blutplasma

Während die Konzentration anderer Kationen im Blutplasma, wie z.B. Ca^{++} und Na^+ , vom Organismus in relativ engen Grenzen konstant gehalten wird, zeigt der Magnesiumgehalt, abhängig von Magnesiumversorgung und -verwertung, eine große Schwankungsbreite. Nach H. MEYER (1971) kann aus der Höhe des Magnesiumblutspiegels auf die Magnesiumversorgungslage von Rindern geschlossen werden. Aus den Angaben des Autors geht hervor, daß Plasmawerte oberhalb 1.80mg Mg/100ml auf eine

ausreichende Magnesiumversorgung hinweisen.

Bei 48 Mastkälbern, deren Milchaustauschfutter 0.15% Magnesium enthielt, bestimmte BOEHNCKE (1974b) eine mittlere Magnesiumkonzentration von $1.94 \pm 0.13\text{mg}/100\text{ml}$ Plasma. Die Untersuchungen erstreckten sich über 9 Wochen, wobei wöchentlich eine Blutprobe pro Tier gewonnen und analysiert wurde. Ein nahezu identischer Wert ergab sich mit $1.92 \pm 0.10\text{mg Mg}/100\text{ml}$ Plasma in den Versuchen von WANDL (1975) an 12 Mastkälbern (Milchaustauschfutter: 0.14 - 0.15% Mg, Untersuchungsdauer: 6 Wochen, wöchentlich eine Blutprobe/Tier).

2.4.3 Renale Magnesiumausscheidung

Das Plasma-Magnesium ist nach SEIDEL und GÜRTLER (1974) nur zu etwa 35% ultrafiltrierbar. Wenn eine konstante glomeruläre Filtrationsrate und ein gleichbleibender Anteil des filtrierbaren Magnesiums am Gesamt-magnesium des Plasmas angenommen werden darf, besteht eine direkte Beziehung zwischen Magnesiumversorgungslage und der glomerulär filtrierte Magnesiummenge pro Zeiteinheit, da sich die Magnesiumkonzentration der Futterration sowie die intestinale Magnesiumabsorptionsrate in starkem Maße auf die Magnesiumkonzentration im Plasma auswirken.

Die Magnesiumkonzentration im Ultrafiltrat steht ihrerseits in Zusammenhang mit der Magnesiumkonzentration im Endharn. Bei niedrigen Magnesiumplasmawerten wird die Magnesiumkonzentration im Harn ebenfalls sehr gering, d.h. die tubuläre Magnesiumrückresorption ist unter diesen Bedingungen nahezu vollständig (ENDER et al., 1957; JABIR et al., 1957; VOISIN, 1963; WILSON, 1964; KOLB und GÜRTLER, 1971).

Wegen der engen Beziehung zwischen Plasmamagnesium und Harnmagnesium kann nach einem Vorschlag von ENDER et al.(1957), sowie KERK und GRIMBERGEN (1968) aus Harnkonzentrationen oberhalb 2.5mg Mg/100ml bei Rindern auf eine ausreichende Magnesiumversorgung geschlossen werden.

In Untersuchungen von GROPP und Mitarbeitern (1975b) konnte dieser Zusammenhang auch für das Mastkalb nachgewiesen werden. Bei Magnesiumgehalten im Plasma von 1.1mg/100ml bis 1.6mg/100ml war die Magnesiumkonzentration im Harn in allen Fällen auf Werte unterhalb 1 mg/100ml abgesunken. Im Konzentrationsbereich 1.6 bis 2.5mg Mg/100ml Plasma ließ sich eine signifikante Korrelation ($r=0.73$; $n=100$) zwischen dem Magnesiumgehalt im Plasma und im Harn aufzeigen.

2.4.4 Magnesium im Skelett

Nach Untersuchungen an wachsenden Mastbullen (Ganzkörperanalysen) von SCHULZ und Mitarbeitern (1974) enthält das Skelett ca. 73% des Gesamtkörpermagnesiums. In Mangelsituationen kann bei Kälbern ein gewisser Anteil des Skelettmagnesiums mobilisiert werden. In dem oben zitierten Versuch von GROPP und Mitarbeitern (1975b) wurde neben der Magnesiumkonzentration im Blutplasma auch der Magnesiumgehalt in der Asche des ersten Schwanzwirbels (fettfreie Trockensubstanz) gemessen. Aus den ermittelten Daten ließ sich eine Korrelation zwischen diesen beiden Kriterien des Magnesiumhaushaltes errechnen ($x = \text{mg Mg/100ml Blutplasma}$; $y = \text{mg Mg/100g Knochenasche}$; $r = 0.83$; $n = 30$). Bei Kälbern mit Magnesiumblutspiegeln oberhalb 2.1mg/100ml

bewegte sich der Magnesiumgehalt der Knochenasche um einen Wert von 800mg/100g und fiel bei 1.5mg Mg/100ml Plasma bis zu einem Minimalwert von 500mg Mg/100g Knochenasche ab.

2.4.5 Regulation des Magnesiumstoffwechsels

Auf den Gebieten der Regulation des Calcium- und Natriumstoffwechsels hat sich unser Wissen in den letzten Jahren beträchtlich erweitert (DE WARDENER, 1973; EARLY und SCHRIER, 1973; IRVING, 1973; KRAMER et al., 1972; Nutrition Reviews, 1973; ULLRICH, 1973; WALSER, 1973). Wie SEIDEL und GÜRTLER (1974) in einer zusammenfassenden Literaturübersicht feststellen, sind dagegen die Steuerungssysteme des Magnesiumstoffwechsels bis heute nicht hinreichend aufgeklärt. Insbesondere ist nicht exakt bekannt, worauf die relativ große Labilität der Magnesiumkonzentration im Blutplasma zurückzuführen ist. MEYER (1963) beobachtete nach Parathormonapplikation beim Kalb keine Veränderung der Magnesiumkonzentration des Blutes. Nach SCHMIDT (1960) und WILSON (1964) erhöht sich die Magnesiumausscheidung über Kot und Harn nach Thyroxingaben deutlich.

3 MATERIAL UND METHODEN

3.1 Versuchstiere

Die vorliegenden Untersuchungen wurden während eines Fütterungsversuchs mit insgesamt 51 Kälbern an 11 weiblichen und 6 männlichen Höhenfleckviehkälbern durchgeführt. Die Tiere standen in einem Anbindestall auf Lattenrosten.

3.2 Fütterung der Versuchstiere

Die Kälber erhielten ein Milchaustauschfutter, dessen Zusammensetzung aus Tab.3 hervorgeht.

Tabelle 3 Zusammensetzung des Milchaustauschfutters

Milchaustauschfutter I: 1.-5. Fütterungswoche

Milchaustauschfutter II: 6.-10. Fütterungswoche

	Mast I	Mast II
Walzen-Trockenmagermilchpulver	10.00	10.00
Sprüh -Trockenmagermilchpulver	45.00	25.00
Süßmolkenpulver	25.00	44.00
Fettmischung ¹⁾	18.00	18.00
L-Lysin-HCl	-----	0.24
Weizenquellmehl	0.68	1.21
DL-Methionin	-----	0.05
CaHPO ₄ · 2 H ₂ O	0.50	0.70
CaCl ₂	0.10	0.10
MgO	0.08	0.08
Spurenelement- und Vitaminvormischung ²⁾	0.64	0.62
	100.00	100.00

1) Fettmischung für Milchaustauschfutter (%):

Seetierfett 40.0 ; Rindertalg 35.0 ;
Kokosöl 7.5 ; Palmkernöl 7.5 ; Sojaöl 5.0 ;
Sojalecithin 5,0 ; (Santoquin 150 ppm).

2) Die Spurenelement- und Vitaminvormischung enthält (6.4g in Mast I bzw. 6.2g in Mast II) pro kg Milchaustauschfutter:

	Mast I	Mast II
$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	157 mg	-----
$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	123 mg	123 mg
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	100 mg	67 mg
$\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$	20 mg	10 mg

Vitamin A 32000 IE; Vitamin D₃ 4000 IE;
Vitamin E 100 mg; Vitamin K₃ 2.6 mg; Thiamin
10 mg; Riboflavin 12 mg; Pyridoxin 6 mg;
Vitamin B₁₂ 60 mcg; Biotin 0.2 mg; Folsäure
0.4 mg; Ca-Pantothenat 40 mg; Nicotinsäure
100 mg; Ascorbinsäure 160 mg; Cholinchlorid
560 mg.

Die Fütterung erfolgte individuell nach Körpergewicht (zweimal täglich um 7⁰⁰ und 16⁰⁰ Uhr). Die Futterzumessung ist dem Tränkplan (Tab.4) zu entnehmen.

Tabelle 4 Tränkplan

Fütterungs- woche	Versuchs- woche	Milchaustausch- futter/Tag in % des Körpergew.	g Milchaus- tauschfutter/ ltr.Tränke
1		1.35	140
2		1.70	170
3		1.90	190
4	1	2.10	210
5	2	2.15	230
6	3	2.20	230
7	4	2.25	240
8	5 ¹⁾	1.35 (Durchfall)	200
9		2.00	240
10		1.90	230

- 1) Nur Teilauswertung, da hier bereits Tierverluste (n=3) sowie die aus lebenserhaltenden Gründen bei einem Kalb notwendig werdende Magnesiumzufütterung die verfügbare Tierzahl (Versuchsgruppe ♀; Kontrollgruppe ♀) zu stark vermindert hatten. Wechselnde Futteraufnahmen ließen in den letzten zwei Fütterungswochen eine Auswertung des Experiments nicht angebracht erscheinen.

Der Mineralstoff- und Nährstoffgehalt der Versuchsrationen ist aus Tab.5 zu ersehen.

Tabelle 5 Analytisch bestimmter Nährstoffgehalt des Milchaustauschfutters (% der lufttrockenen Futtersubstanz)

	n	Mast I	Mast II
Rohprotein	6/6	22.3 ± 0.3	18.8 ± 0.5
Rohfett	6/6	18.0 ± 0.5	17.1 ± 0.2
Rohwasser	6/6	3.5 ± 0.4	3.8 ± 0.1
Asche	6/6	7.1 ± 0.2	7.3 ± 0.2
Calcium	6/6	1.13 ± 0.09	1.12 ± 0.11
Phosphor	6/6	0.86 ± 0.01	0.83 ± 0.03
Natrium	6/12	0.43 ± 0.01	0.44 ± 0.1

Magnesiumwerte siehe Punkt 3.6.5 (Seite 26)

3.3 Implantation

Zwei Wochen nach Fütterungsbeginn erfolgte die Implantation bei 6 weiblichen (Kalb Nr. 1 - 6) und 3 männlichen Kälbern (Kalb Nr. a - c). Jedem Versuchstier wurden 200mg 17 β -Östradiol + 1400mg Trenbolonacetat (ÖT10) streng subcutan am Triel implantiert. Die Substanzen lagen als Pellets auf Lactose-Basis vor. Die Kontrolltiere (5 weibliche = Kalb Nr. 7 - 11 und 3 männliche = Kalb Nr. d - f) erhielten Placebos (= Lactose-Pellets).

3.4 Blutprobenentnahme

Von jedem Kalb wurden wöchentlich zwei Blutproben aus der Vena jugularis entnommen. Das Blut wurde

durch Zugabe von Heparin (Heparin-Natrium, Serva 24590) ungerinnbar gemacht und anschließend 20 Minuten lang bei 3600 Umdrehungen/Min. zentrifugiert. Das überstehende Plasma wurde mittels einer Pipette (Peleus-Ball) abgehebert und für die Magnesiumbestimmung (in der Regel am gleichen Tag) im Kühlschrank aufbewahrt.

Die Verwendung von Blutplasma hat gegenüber derjenigen von Blutserum den Vorteil, daß die Zentrifugation unmittelbar im Anschluß an die Blutentnahme erfolgen kann. Fehler, die durch eventuelle Diffusionsprozesse aus den Erythrozyten in das Serum entstehen, können so weitgehend ausgeschaltet werden. Weiterhin scheinen nach eigenen Beobachtungen in den Gerinnungseigenschaften des Blutes von Mastkälbern starke individuelle Unterschiede zu bestehen. Während das Blut einiger Kälber bereits nach 30 Minuten vollständig geronnen ist, kann die Blutgerinnung bei anderen Tieren unter Umständen mehr als 6 Stunden in Anspruch nehmen. Es ist fraglich, ob unter derartigen Bedingungen eine volle Vergleichbarkeit noch gegeben ist. Schließlich wird durch den Einsatz von Plasmaproben die Gefahr der Haemolysebildung erheblich herabgesetzt.

3.5 Quantitative Harnsammlung

Die Harnsammlung wurde bei männlichen Kälbern ohne zusätzliche Fixierung der Tiere mit Hilfe von Urinalen durchgeführt. Hauptbestandteil dieser Vorrichtung ist ein biegsamer Gummitrichter, dessen oberer, dem Tier anliegender Rand durch eine Polyäthylenplatte versteift wird, und der das Ostium praeputiale des Kalbes fest umschließt. Der Gummitrichter wurde

mittels zweier elastischer Gurte in seiner Lage gehalten (Abb.3). Der Abfluß des Harnes erfolgte durch einen PVC-Schlauch in verschlossene Polyäthylen-Sammelgefäße. Bei den männlichen Tieren umfaßte die quantitative Harnsammlung in der Regel 3 x 24 Stunden/Woche.



Abb.3 Urinal mit Trichter, PVC-Schlauch und Sammelgefäß

Bei weiblichen Kälbern stößt die quantitative Harnsammlung bekanntlich auf erheblich größere Schwierigkeiten. Hier wurde ein Gummidauerkatheter (Charrier 14 für 80 - 120 kg; Charrier 18 für > 120 kg)¹⁾ durch die Harnröhre in die Harnblase eingeführt, und der Harn mittels eines PVC-Schlauchs in das Sammelgefäß geleitet (Abb.4). Um der Entstehung von Zystitiden vorzu-

1) Fa. Willi Rüscher, 7050 Waiblingen, Postfach 1620

beugen, wurde die Harnblase zweimal wöchentlich mit 2%iger, körperwarmer Rivanollösung gespült. Die Harnsammlung umfaßte hier 2 x 24 Stunden/Woche.



Abb.4 Humandauerkatheter mit auffüllbarem Ballon

Jeweils um 9⁰⁰ Uhr wurden die Harnsammelgefäße entleert, und die innerhalb von 24 Stunden von jedem Kalb abgesetzte Harnmenge gemessen. Um gegebenenfalls ausgefallenes Magnesium wieder in Lösung zu bringen, wurden jeder 24-Stundenharnprobe 100ml HCl (HCl conc., MERCK 317: Aqua dest. =1:1) zugesetzt, und 100ml zur Magnesiumbestimmung entnommen.

3.6 Magnesiumbestimmung

Die Messung der Magnesiumkonzentration in den verschiedenen Proben erfolgte mittels Atomabsorptions-spektralphotometrie (AAS) mit dem Gerät der Firma Carl Zeiss (M4 Q-III/FA 2) unter folgenden Meßbedingungen:

Wellenlänge	285.2 nm
Brenngas	Acetylen für Flammenphotometrie
Spaltbreite	0.1 mm
Hohlkathodenstrom	6.0 mA

3.6.1 Magnesiumbestimmung im Blutplasma

Zur Magnesiumbestimmung im Blutplasma wurden die Plasmaproben in einem 100ml Meßkolben mit Verdünnungslösung nach HERMAN (MERCK 9975) im Verhältnis 1:20 verdünnt, so daß die fertige Analysenlösung, je nach Magnesiumgehalt des Plasmas, 0.5 - 1.0 ppm Mg enthielt. Die Verdünnungslösung enthält ein Netzmittel, welches die Viskosität des verdünnten Plasmas und der Eichlösungen einander angleicht. Die Verdünnungslösung (MERCK 9976) enthielt 100 ppm Ca, 3300 ppm Na, 150 ppm K und 20 ppm Mg; ihr Gehalt an wichtigen Kationen entsprach damit etwa demjenigen des Blutplasmas. Die Vergleichslösung wurde ebenso wie die Plasmaproben im Verhältnis 1:20 mit Verdünnungslösung verdünnt (Meßbereich 1 ppm Mg = 0.1mg Mg/100ml).

Die Magnesiumkonzentration im Plasma wurde nach erfolgter AAS-Messung aus folgender Gleichung errechnet:

$$\text{Mg (mg/100ml)} = \frac{\text{Extinktion Probe}}{\text{Extinktion Vergleichslösung}} \cdot 2$$

3.6.2 Magnesiumbestimmung im Harn

Zur Magnesiumbestimmung im Harn mittels AAS (siehe Punkt 3.6) wurden die salzsauren Harnproben so mit Aqua dest. verdünnt (1:10 bis 1:100), daß der Meßbereich zwischen 0.5, 1.0 und 1.5ppm Mg lag. Entsprechende Vergleichslösungen mit 0.5, 1.0 und 1.5 ppm Mg wurden aus einer Stammlösung (Titrisol-Mg für die Atomabsorption, MERCK 9949) hergestellt, die auch bei den Magnesiummessungen von Skelett, Kot und Milchaustauschfutter Verwendung fanden. Zur Ausschaltung von chemischen und physikalischen Störungen wurde den Harnproben bei der Verdünnung sowie den Eichlösungen 0.25% Strontium (als $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$, MERCK 7872) beigegeben.

3.6.3 Magnesiumbestimmung im Kot

Der vor der Implantation, sowie in der 1. - 3. Versuchswoche gesammelte Kot (1 Kotprobe/Woche; 2 Proben/Kalb in der 2. Versuchswoche) wurde auf seinen Gehalt an Magnesium (bezogen auf 100g Kottrockensubstanz) untersucht. Aus je einer quantitativen 48-Stunden-Kotsammlung in der 4. und 5. Woche konnte die faecale Magnesiumausscheidung/Tag ermittelt werden.

Die Messung erfolgte über die AAS. Eine gut homogenisierte Kotprobe von 50 - 100g wurde 24 Stunden bei 100°C getrocknet und danach gemahlen. An-

schließlich wurden 2g der Probe bei 550°C im Muffelofen verascht, die Kotasche unter Beigabe von 5 ml konz. HCl im Sandbad bis zur Trockene eingedampft, und der Rückstand mit verdünnter HCl (HCl conc.:Aqua dest. = 1:1) durch ein Weißbandfilter filtriert. Die klare Lösung wurde nach Zugabe von 0.25% Strontium (g/V) im Verhältnis 1:500 mit Aqua dest. verdünnt. Die Berechnung der Magnesiumkonzentration in der so aufgearbeiteten Kotprobe erfolgte mit Hilfe des Atomabsorptionsspektrometers und der Vergleichslösungen (0.5 - 1.5ppm Mg).

3.6.4 Magnesiumbestimmung im Skelett

Bei der Schlachtung wurde von jedem Kalb der erste Schwanzwirbel entnommen und eine halbe Stunde lang im Dampfdrucktopf schonend erhitzt, worauf sich das anhaftende Muskelfleisch leicht entfernen ließ. Nach Zerkleinerung wurden die Knochen etwa 15 Stunden lang in der Soxhlet-Apparatur mit Diaethyläther extrahiert und anschließend im Trockenschrank nachgetrocknet. Die fettfreie Knochentrockensubstanz wurde über Nacht bei 550°C im Muffelofen verascht, die Knochenasche mit heißer HCl (HCl conc.:Aqua dest. = 1:1) in Lösung gebracht und die Aschelösung so mit Aqua dest. verdünnt, daß die Magnesiumkonzentration etwa 0.5 bis 1.5ppm betrug. Auch diesen Lösungen wurden 0.25% Strontium zugesetzt. Die Messung der Magnesiumkonzentration erfolgte ebenfalls mittels AAS.

3.6.5 Magnesiumbestimmung im Milchaustauschfutter

Zur Magnesiumbestimmung im Milchaustauschfutter wurden etwa 10g einer Probe in Veraschungstiegel eingewogen und über Nacht im Muffelofen bei 550°C verascht. Nach Erkalten wurden etwa 500mg Asche in Bechergläser eingewogen, mit HCl conc. befeuchtet und auf dem Sandbad bis zur Trockene eingedampft. Der Rückstand wurde mit verdünnter HCl (HCl conc.:Aqua dest. = 1:1) unter Erwärmen aufgenommen und durch ein Weißbandfilter in 100ml-Meßkolben filtriert. Nach Erkalten wurden die Meßkolben bis zur Marke mit Aqua dest. aufgefüllt. Die nach diesem Verfahren hergestellten, salzsauren Aschelösungen wurden dann unter Zugabe von 0.25% Strontium (g/V) im Verhältnis 1:50 mit Aqua dest. verdünnt. Die Magnesiumbestimmung erfolgte auch hier mittels AAS im Meßbereich 0.5 bis 1.5 ppm. Aus 18 (Mast I) bzw. 24 (Mast II) zu verschiedenen Zeitpunkten gezogenen Proben ergaben sich folgende Mittelwerte (% der Futtersubstanz):

Mast I: 0.128 ± 0.0034 ($= \pm 2.7\%$);

Mast II: 0.132 ± 0.0031 ($= \pm 2.3\%$);

Das im Leitungswasser gemessene Magnesium belief sich auf 2.17mg Mg/100ml Wasser.

3.7 Statistische Methoden

Zur Ermittlung der Lokalisation des durchschnittlichen Wertes einer Meßreihe (mit n Werten) und der Streuung der Einzelwerte (x) um den Mittelwert ($\bar{x}$) wurde

die Standardabweichung (s) berechnet:

$$s = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{(\sum \bar{x})^2}{n}}{n - 1}} ;$$

Zum Vergleich von Standardabweichungen verschiedener Meßreihen untereinander wurde der Variationskoeffizient (s %) berechnet:

$$s \% = \frac{s \cdot 100}{\bar{x}} ;$$

Die Korrelationsanalyse nach PEARSON-BRAVAIS hat die Abhängigkeit zweier zufälliger Variabler (x;y) zum Gegenstand. Der Korrelationskoeffizient (r) ist ein Maß für den linearen Zusammenhang zweier Zufallsvariabler.

Zur Prüfung der errechneten Beziehung zwischen x und y auf Signifikanz wurde der Korrelationskoeffizient r in folgende, von R.A.FISCHER aufgestellte Gleichung eingesetzt:

$$t = \frac{r}{\sqrt{1 - r^2}} \cdot \sqrt{n - 2} ;$$

4 E R G E B N I S S E

4.1 Magnesiumkonzentration im Blutplasma von weiblichen Kälbern

Bei vier Kälbern der Versuchsgruppe weiblich (ÖT10, Kalb 2,3,4,5) zeigt sich bereits in der ersten Woche nach Implantation von 200mg 17 β -Östradiol + 1400mg Trenbolonacetat ein Absinken des Magnesiumblutspiegels. In Tab.6 sind die entsprechenden Mittelwerte aus jeweils 8 Blutproben/Versuchswoche wiedergegeben (= wöchentlich 2 Blutproben/Kalb in der 0. - 3. Woche und 3 Blutproben bei Kalb Nr.3 und 4 in der 4. Woche nach Implantation). Im Mittelwert der 4. Woche nach Implantation sind keine Daten von Kalb Nr.2 enthalten, da dieses Versuchstier während der 4. Versuchswoche verendet ist.

Bei den Kälbern der Kontrollgruppe weiblich (Kalb 7, 8,9,10,11) war die Magnesiumkonzentration im Blutplasma in der ersten Woche nach Applikation von Placebos (= Implantation von Laktose-Pellets ohne Östradiol + Trenbolonacetat) ebenfalls geringer als zu Versuchsbeginn. Der Abfall des Plasmamagnesiums setzte sich jedoch in der zweiten, dritten und vierten Woche nicht fort (siehe Tab.6 und Abb.5).

Die Anzahl der Blutproben/Kalb entspricht bei der Kontrollgruppe derjenigen in der Versuchsgruppe. Im Mittelwert der 4. Woche (siehe Tab.6) ist jedoch nur ein Blutwert von Kalb 11 enthalten, da dieses Versuchstier in der Mitte der vierten Woche verendete.

Abb.:5 VERLAUF der MAGNESIUMKONZENTRATION im
BLUTPLASMA weiblicher KÄLBER

Mittelwerte und Streubereich ($\pm s$)

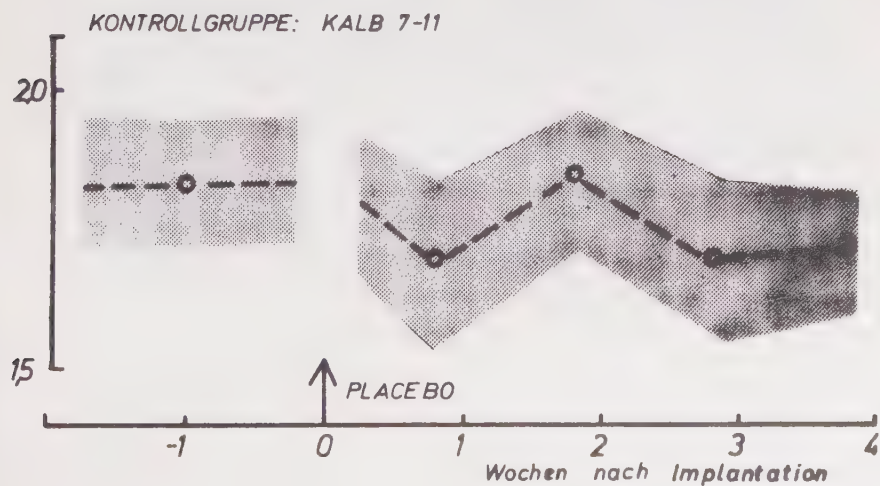
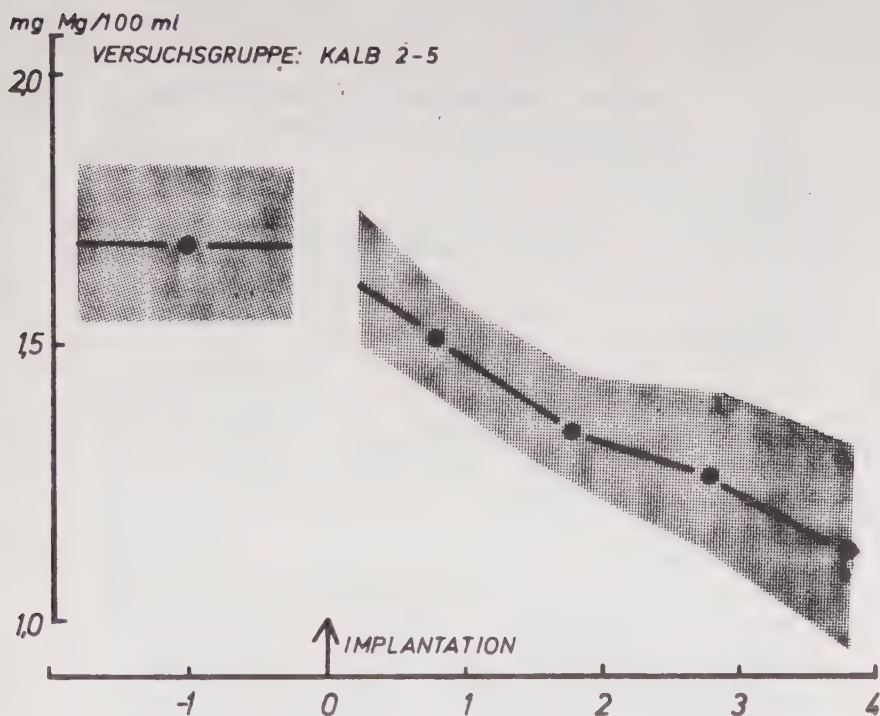


Tabelle 6 Verlauf der Magnesiumkonzentration im Blutplasma nach Implantation von 200mg 17 β -Östradiol + 1400mg Trenbolonacetat (Versuchsgruppe weiblich: Kalb 2 - 5), bzw. nach Applikation von Placebos (Kontrollgruppe weiblich: Kalb 7 - 11)

Wochen nach Implantation	mg Magnesium/100ml Versuchsgruppe(ÖT10)	Blutplasma $\pm$ s Kontrollgruppe
0 Implantation	1.79 $\pm$ 0.14	1.84 $\pm$ 0.12
1	1.62 $\pm$ 0.10	1.70 $\pm$ 0.15
2	1.46 $\pm$ 0.11	1.85 $\pm$ 0.12
3	1.38 $\pm$ 0.15	1.70 $\pm$ 0.15
4	1.24 $\pm$ 0.19	1.72 $\pm$ 0.12

Aus den in Tab.6 zusammengefaßten Einzeldaten ergibt sich für jedes der vier Kälber der Versuchsgruppe (Kalb 2 - 5) eine negative Korrelation zwischen Versuchsdauer (Wochen nach Implantation = x) und Magnesiumkonzentration im Blutplasma (mg/100ml = y). Aus den zugehörigen statistischen Berechnungen (siehe Tab.7) geht hervor, daß der Magnesiumgehalt im Blutplasma bei jedem der vier Tiere mit fortschreitender Versuchsdauer signifikant abnimmt. Der Konzentrationsabfall erfolgt weitgehend linear und läßt sich durch eine Gleichung $y = a + bx$ ausdrücken. Dabei entspricht a dem Ausgangswert vor der Implantation. Aus b läßt sich ablesen, daß dieser Ausgangswert wöchentlich (1.-4. Woche nach Implantation) um 0.11 bis 0.16mg Mg/100ml Plasma vermindert wird.

Tabelle 7 Lineare Regressionsgleichungen und Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen Versuchsdauer (x)¹⁾ und Magnesiumkonzentration im Blutplasma (y); Versuchsgruppe weiblich (Kalb 2 - 5)

Kalb Nr.	Regressionsgleichungen	Korrelationskoeffizient r	Anzahl der Blutproben n	Signifikanz p <
2	(2) $y=1.82-0.115x$	-0.77	8	0.05
3	(3) $y=1.71-0.117x$	-0.87	11	0.001
4	(4) $y=1.67-0.157x$	-0.93	11	0.001
5	(5) $y=1.81-0.106x$	-0.93	11	0.001

1) Für Berechnungszwecke wurde der Vorperiodenwert als Wert zu Versuchsbeginn (Woche 0) eingesetzt. Die während des Versuchszeitraums gewonnenen Daten wurden der Versuchswoche 1 - 4 direkt zugeordnet. Diese Berechnung gilt auch für Gleichung (6), sowie für die Berechnungen in der Tabelle 10.

Da die in Tab.7 wiedergegebenen Regressionsgleichungen (2) bis (5) und die zugehörigen Korrelationskoeffizienten in ihrer statistischen Aussage nicht wesentlich voneinander abweichen, lassen sich die zugrunde liegenden Daten in einer gemeinsamen, linearen Regressionsgleichung zusammenfassen (siehe Abb.6).

$$(6) \quad y = 1.76 - 0.134x \quad (r=-0.82; n=40; p<0.001)$$

$$(6a) \quad \begin{array}{ll} \text{Mg im Plasma} & = 1.76 - 0.134 \cdot \text{Versuchsdauer} \\ (\text{mg}/100\text{ml}) & (\text{Wochen nach Implantation}) \end{array}$$

VERLAUF der MAGNESIUMKONZENTRATION im BLUTPLASMA

VERSUCHSGRUPPE ♀ KALB 2-5
(siehe Fußnote 1 und Tab. 7)

$$(6) \quad y = 1,76 - 0,134x$$

$$r = -0,82$$

$$n = 40$$

$$p < 0,001$$

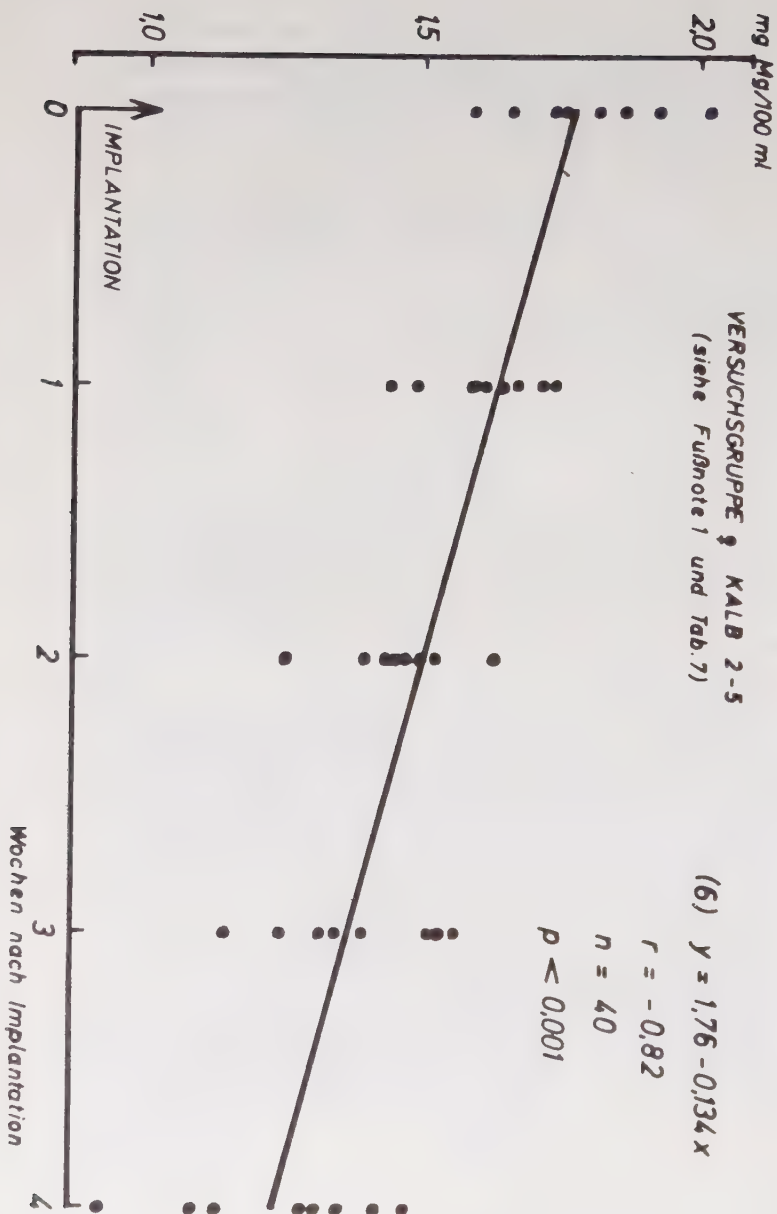


Abb.: 6

Eine entsprechende Berechnung für die 5 Kälber der Kontrollgruppe ergab, daß bei diesen Tieren kein gesicherter Zusammenhang zwischen Magnesiumblutspiegel (y) und Versuchsdauer (Wochen nach Applikation der Placebos = x) besteht. Hier lag der Korrelationskoeffizient bei $r = -0.24$ ($n = 53$).

Bei den beiden übrigen Kälbern der Versuchsgruppe (Kalb 1 und 6) konnten keine Veränderungen in der Magnesiumkonzentration des Blutplasmas als Folge der Hormonbehandlung festgestellt werden (siehe Tab.8).

Tabelle 8 Verlauf der Magnesiumkonzentration im Blutplasma nach Implantation von 200mg 17 β -Östradiol + 1400mg Trenbolonacetat Versuchsgruppe weiblich (Kalb 1 und 6)

Wochen nach Implantation	mg Mg/100ml Plasma $\pm$ s	Anzahl der Blutproben (n)
0	1.88 $\pm$ 0.22	4
1	1.75 $\pm$ 0.09	4
2	1.86 $\pm$ 0.15	4
3	1.75 $\pm$ 0.09	4
4	1.84 $\pm$ 0.15	6

Die statistische Überprüfung der Einzeldaten ergab, daß bei diesen Tieren (Kalb 1 und 6) keine signifikante Beziehung zwischen Magnesiumblutspiegel (y) und Versuchsdauer (x) besteht. Für die Korrelations-

koeffizienten wurden folgende Werte errechnet:

Kalb 1 : $r = -0.012$; $n = 11$;

Kalb 6 : $r = -0.088$; $n = 11$;

4.2 Renale Magnesiumausscheidung bei weiblichen Kälbern

Die quantitative Harnsammlung bei jüngeren weiblichen Kälbern erwies sich zunächst als relativ problematisch. Daher steht für die Auswertung zu den Zeitpunkten 0, 1 und 2 Wochen nach Implantation (Applikation von Placebos) ausschließlich die Magnesiumkonzentration in Spontanharnproben zur Verfügung. Erst in der 3. und 4. Woche konnte bei diesen Tieren auch die tägliche Harnmenge (2 x 24 Stunden/Woche) erfaßt werden.

Bei den Kälbern der Versuchsgruppe (Kalb 2 - 5), deren Plasmamagnesiumkonzentration im Anschluß an die Hormonbehandlung abgesunken war, zeigte sich eine statistisch gesicherte Abnahme ($p < 0.01$) der Magnesiumkonzentration im Harn. Der Korrelationskoeffizient r (Wochen nach der Implantation = x ; mg Mg/100ml Harn = y ; $n = 65$) betrug -0.36 .

Die Magnesiumkonzentration im Harn der Kontrollgruppe (Kalb 7 - 11) ließ einen entgegengesetzten Verlauf erkennen, der sich in einem positiven Korrelationskoeffizienten ausdrückte ($r = 0.44$; $n = 99$; $p < 0.001$).

In der 3. und 4. Versuchswoche betrug die renale Magnesiumausscheidung bei den Tieren der Versuchsgruppe (Kalb 2 - 5), deren Blutspiegel unter dem Einfluß der Hormonapplikation von 1.79 auf 1.38 (3. Woche), bzw. 1.24 (4. Woche) abgesunken war, nur 81 ± 39 mg/Tag ($n = 14$ Tagesharnportionen). Im Vergleich hierzu wurden

von den Tieren der Kontrollgruppe (Kalb 7 - 11) täglich 215 ± 88 mg Magnesium ($n = 17$) im Harn ausgeschieden. Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen ist statistisch gesichert ($p < 0.001$).

Für diesen Versuchsabschnitt (dritte und vierte Woche nach Implantation) bestehen enge Beziehungen zwischen der Magnesiumkonzentration im Plasma (x) und der täglichen Magnesiumausscheidung im Harn (y). Bei Blutwerten zwischen 1.60 und 1.84mg/100ml ergibt sich eine lineare Korrelation ($r = 0.94$; $n = 8$; $p < 0.001$) zwischen beiden Meßgrößen. Magnesiumkonzentrationen zwischen 1.60 und 1.84mg/100ml Plasma wurden zu diesem Zeitpunkt ausschließlich in der Kontrollgruppe gemessen. Hier hat ein Anstieg der Plasma-Magnesiumkonzentration um 0.1 mg/100ml eine Mehrausscheidung von ca. 100mg/Tag zur Folge.

Sinkt dagegen die Magnesiumkonzentration im Plasma unter 1.6mg/100ml ab, so läßt sich statistisch kein Zusammenhang zwischen renaler Magnesiumausscheidung und Magnesiumgehalt des Plasmas mehr nachweisen (siehe Abb.7).

4.3 Magnesiumkonzentration im Blutplasma von männlichen Kälbern

Auch bei den Kälbern der Versuchsgruppe männlich (Kalb a,b,c) war im Anschluß an die Implantation eine Verringerung der Magnesiumkonzentration im Blutplasma festzustellen (siehe Tab.9/Abb.8). In der Kontrollgruppe (Kalb d,e,f) ließ sich nach Applikation von Placebos kein Absinken des Magnesium-

Abb.: 7

MAGNESIUMKONZENTRATION im BLUTPLASMA
und renale MAGNESIUMAUSSCHEIDUNG bei
MASTKÄLBERN

•VERSUCHSGRUPPE (KALB 2-5) •KONTROLLGRUPPE (KALB 7-11)

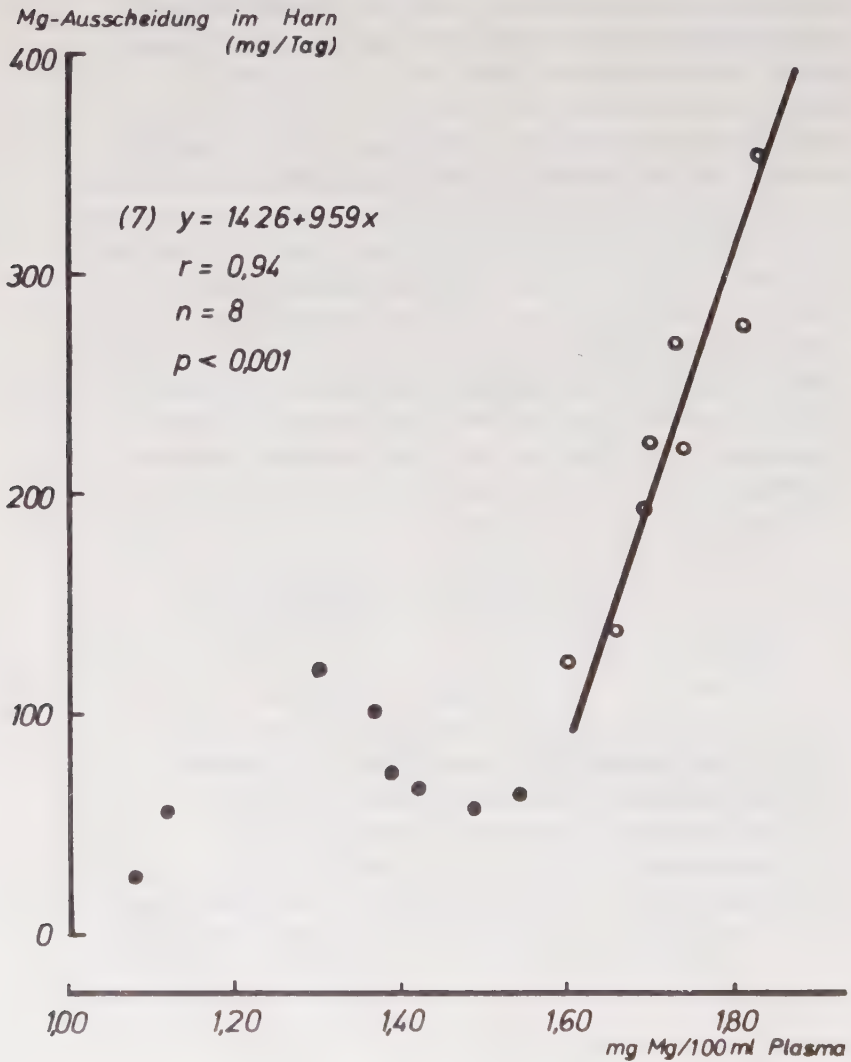
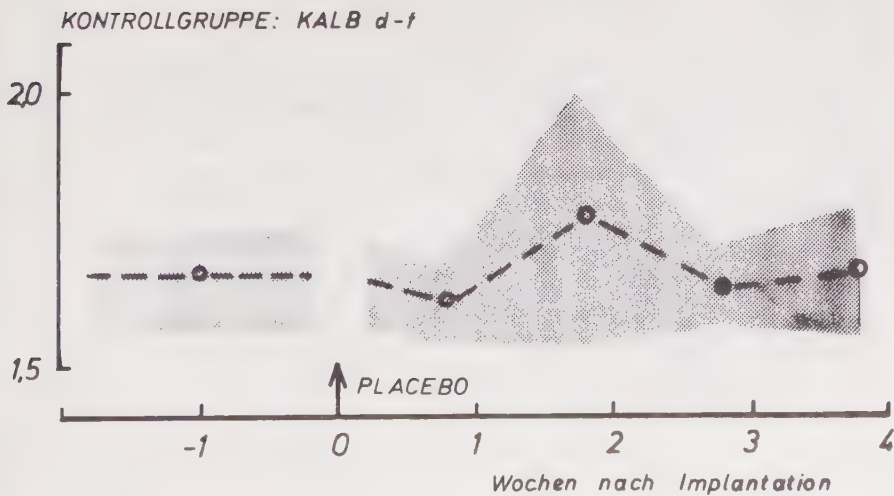
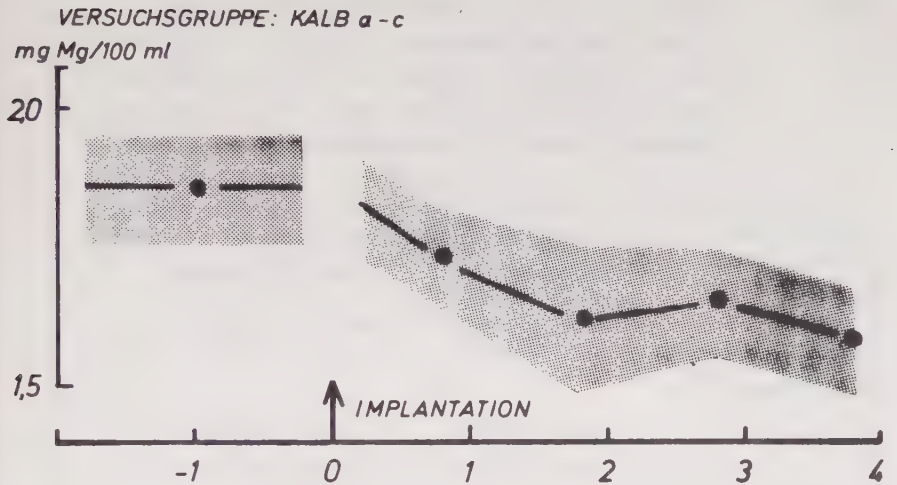


Abb.: 8

VERLAUF der MAGNESIUMKONZENTRATION im
BLUTPLASMA männlicher KÄLBER

Mittelwerte und Streubereich ($\pm s$)



blutspiegels erkennen (siehe Tab.9). Es bestand bei diesen Kälbern auch kein ersichtlicher Zusammenhang zwischen Versuchsdauer und Magnesiumkonzentration im Blutplasma.

Tabelle 9 Verlauf der Magnesiumkonzentration im Blutplasma nach Implantation von 200mg 17 β -Östradiol + 1400mg Trenbolonacetat (Versuchsgruppe männlich, Kalb a-c) bzw. nach Applikation von Placebos (Kontrollgruppe männlich, Kalb d-f)

Wochen nach Implantation	mg Magnesium/100ml Blutplasma $\pm$ s Versuchsgruppe (ÖT10)	Kontrollgruppe
0	1.86 $\pm$ 0.10	1.67 $\pm$ 0.10
Implantation		
1	1.73 $\pm$ 0.10	1.62 $\pm$ 0.07
2	1.62 $\pm$ 0.14	1.77 $\pm$ 0.23
3	1.65 $\pm$ 0.10	1.64 $\pm$ 0.07
4	1.59 $\pm$ 0.10	1.66 $\pm$ 0.12

Bei zwei Versuchstieren (Kalb a und b) war ein Konzentrationsabfall mit zunehmender Versuchsdauer statistisch gesichert (siehe Tab.10). Bei Kalb c war die Beziehung zwischen Versuchsdauer (x) und Magnesiumgehalt des Plasmas (y) nicht signifikant ($r = -0.47$; $n = 10$). Für den Abfall des Plasmamagnesiums in der Versuchsgruppe männlich errechneten sich die in Tab.10 wiedergegebenen Regressionsgleichungen. Regressionsgleichung 11 findet sich auch in Abb.9.

VERLAUF DER MAGNESIUMKONZENTRATION IM BLUTPLASMA

VERSUCHSGRUPPE d' KALB a-c
(siehe Fußnote 1 und Tab. 7)

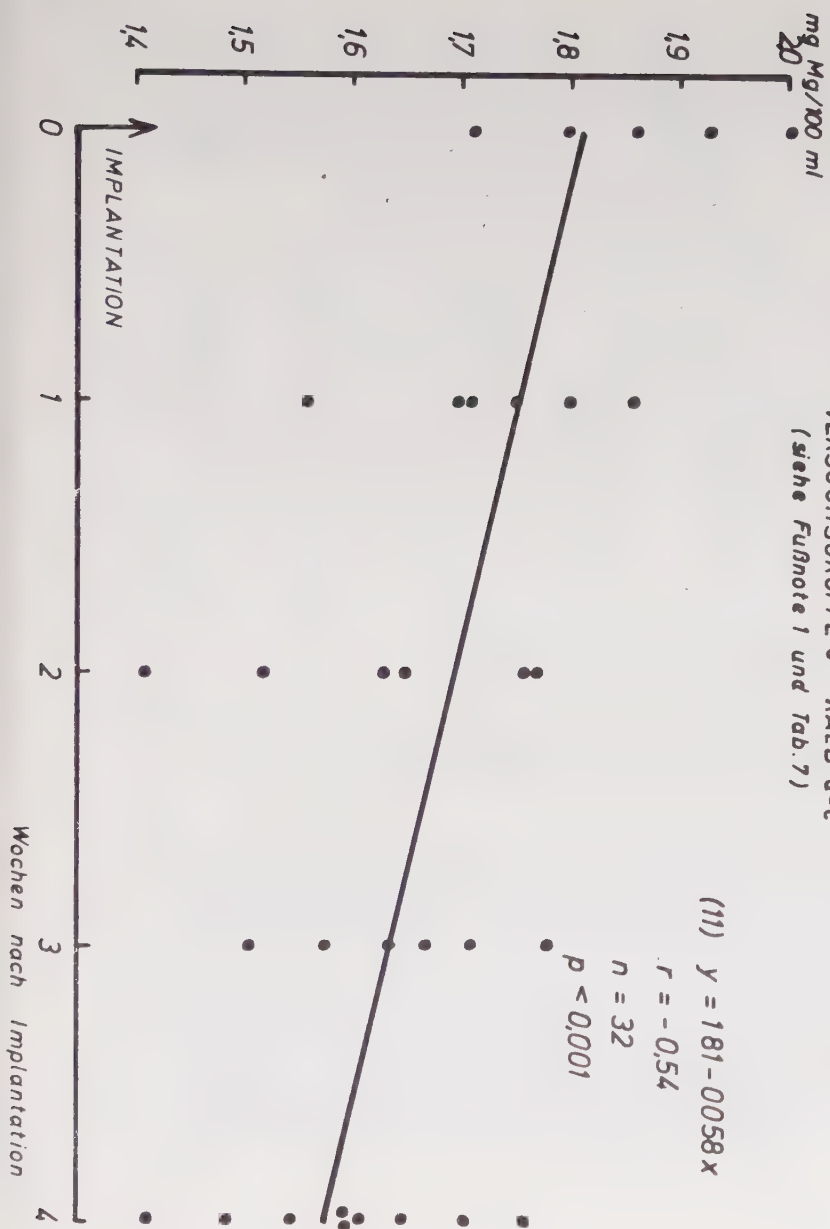


Abb.: 9

Tabelle 10 Lineare Regressionsgleichungen und Korrelationskoeffizienten für die Beziehung zwischen Versuchsdauer (x) und Magnesiumkonzentration im Plasma (y)
Versuchsgruppe männlich` (Kalb a - c)

Kalb Nr.	Regressionsgleichung	Korrelationskoeffizient r	Anzahl der Proben	Signifikanz p <
a	(8)y=1.91-0.078x	-0.73	11	0.01
b	(9)y=1.79-0.042x	-0.71	11	0.02
a+b (s.Abb.8)	(10)y=1.85-0.060x	-0.69	22	0.001
a+b+c	(11)y=1.81-0.058x	-0.59	32	0.001

siehe Fußnote zu Tab.7 (Seite 31)

4.4 Renale Magnesiumausscheidung bei männlichen Mastkälbern

Bei den männlichen Kälbern von Versuchs- und Kontrollgruppe konnte der Harn während der gesamten Versuchsperiode an drei bis vier Tagen/Woche quantitativ gesammelt werden.

Die durchschnittliche tägliche Magnesiumausscheidung im Harn betrug in der Versuchsgruppe $197 \pm 90\text{mg}$ und in der Kontrollgruppe männlich $147 \pm 83\text{mg}$. In beiden Gruppen konnte während der gesamten Versuchsdauer we-

der eine signifikante Verminderung der Magnesiumkonzentration im Harn, noch eine Einschränkung der renalen Magnesiumausscheidung (mg/Tag) festgestellt werden (siehe Tab.11).

Tabelle 11 Renale Magnesiumausscheidung bei männlichen Mastkälbern (Korrelationskoeffizienten)

Versuchsdauer (x)	Mg im Harn (y)	Gruppe	Anzahl d. Harnproben (n)	Korrelationskoeffizient(r)
Wochen	mg/100ml	Versuchstiere	56	-0.15
Wochen	mg/100ml	Kontrolle	51	+0.15
Wochen	mg/Tag	Versuchstiere	56	-0.20
Wochen	mg/Tag	Kontrolle	51	+0.14

4.5 Magnesiumausscheidung in den Faeces

In den ersten beiden Versuchswochen erfolgte pro Woche an zwei verschiedenen Tagen die Sammlung von jeweils einer Spontankotprobe/Kalb. In der dritten Versuchswoche wurde nur eine Spontanprobe auf ihren Magnesiumgehalt untersucht. Damit standen zur Auswertung lediglich Konzentrationsangaben zur Verfügung. Als Bezugswert dienen die Magnesiumkonzentrationen im Kot der Kälber unmittelbar vor Implantation von Östradiol + Trenbolon (1 Probe/Kalb), da sich während des vorher-

gehenden Fütterungsabschnitts wegen der häufig wechselnden Kotkonsistenz keine repräsentative Kotprobe für alle Kälber an einem Tag gewinnen ließ. Zwischen Kuh- und Bullkälbern wurde hier nicht unterschieden. Die Ergebnisse sind in Tab.12 wiedergegeben.

Tabelle 12 Magnesiumkonzentration im Kot (% in der
Kot-Trockensubstanz)
Relativzahlen in Klammern

Gruppe	Tierzahl	vor Versuchs- beginn	in 3 Versuchs- wochen
Kontrollgruppe	9	1.865 (100)	1.712 (100)
Versuchsgruppe	9	1.967 (105)	1.947 (114)

Vor Versuchsbeginn betrug die fäkale Magnesiumkonzentration der ÖT10-Kälber 105% des Kontrollgruppenwertes, in den ersten 3 Versuchswochen dagegen 114%. Diese Daten deuten darauf hin, daß die fäkale Magnesiumausscheidung der behandelten Kälber im Versuchszeitraum gegenüber der der Kontrollgruppe zunahm.

Diese Annahme gilt nur, wenn durch die Behandlung die Verdaulichkeit der Milchaustauschfutter-Trockensubstanz überhaupt nicht beeinflußt wurde. Diesbezügliche Untersuchungen liegen nicht vor; gleichzeitig besteht aber kein Grund eine allgemeine Verdaubarkeits-Depression durch ÖT-Gaben anzunehmen.

Dabei wird nicht verkannt, daß alle quantitativen Schlußfolgerungen, die ausschließlich auf Konzentrationsmessungen beruhen, nur unter Vorbehalt gewertet

werden dürfen. Diese Ergebnisse waren aber Anlaß dazu, in den beiden folgenden Versuchswochen an jeweils zwei aufeinander folgenden Tagen/Woche quantitative Kotsammlungen durchzuführen. Über die entsprechenden Durchschnittswerte informiert Tab.13.

Darüberhinaus wird in Tab.13 der Versuch unternommen, die an 2 x 2 Tagen gewonnenen Daten der Magnesiumausscheidung über Kot und Harn den Wochendurchschnittswerten von Gewichtsentwicklung und Magnesiumaufnahme über die Tränke zuzuordnen. Hierdurch wird eine Art "Bilanzierung" des Magnesiumstoffwechsels von Kontroll- und Versuchskälbern möglich.

Aus diesen Daten geht hervor, daß die Magnesium-Retention behandelter Kälber trotz höherer Magnesiumaufnahme, die - bei besserem Wachstum - auf die körpergewichtsorientierte Tränkzumessung zurückzuführen ist, auf die Gewichtsentwicklung bezogen absolut und relativ geringer ausgefallen ist als bei den Kontrollkälbern.

Aus einem Vergleich von Magnesiumaufnahme und Kotausscheidung läßt sich ersehen, daß für die ÖT10-Gruppe mit einer geringeren scheinbaren Magnesium-Absorbierbarkeit gerechnet werden darf. Die Differenz von 6% scheinbarer Magnesiumverdaubarkeit soll allerdings in Anbetracht der erheblichen individuellen Streubreite des Magnesium-Verdaubarkeits-Quotienten nicht überschätzt werden. Letzterer konnte aus versuchstechnischen Gründen nicht errechnet werden (Stichprobenverfahren zur Schätzung des Gruppenmittelwertes), geht aber beispielsweise aus den Untersuchungen von MEYER (1963) und Berechnungen von WANDL (1975) deutlich hervor. WANDL schloß aus seinen Daten auf Magnesiumverdaunungs-Quotienten zwischen 19 und 50% bei Mastkälbern im Körpergewichtsabschnitt 60 bis 120 kg.

Tabelle 13

Modellrechnung für den Magnesiumhaushalt aus quantitativen Daten

- Magnesium-Bilanz -

Meßwerte der vierten und fünften Versuchswoche

Gruppe	¹⁾ Zunahme g/Tag	²⁾ Mg-Aufnahme g/Tag	³⁾ Mg mg/100ml Plasma	⁴⁾ Mg-Ausscheidung g/Tag über Kot	⁵⁾ Harn	Mg-Retention g/Tag	Mg/kg Zunahme	Scheinb. Mg-Verdl. %
Versuch (OT10)	8 1603	2.66	1.63	1.95	0.13	0.58	0.36	27
Kontrolle	8 1132	2.51	1.66	1.67	0.15	0.69	0.61	33

1) Alle in diesem Versuchsabschnitt lebenden Kälber

2) Als Mittel der 14 Tage-Zunahme in der 4. und 5. Versuchswoche

3) Durchschnittliche Magnesiumaufnahme aus Futter und Tränkwasser in der 4. und 5. Versuchswoche

4) Als Mittel von insgesamt 5 Blutentnahmetagen in der 4. und 5. Versuchswoche

5) Als Mittel der Werte von insgesamt 4 Sammeltagen in der 4. und 5. Versuchswoche

4.6 Magnesiumgehalt im Knochen männlicher und weiblicher Kälber

Der erste Schwanzwirbel konnte bei Ende des Fütterungsversuchs von insgesamt 15 Versuchstieren gewonnen werden. Aus den einzelnen Daten - Plasmamagnesium und Magnesiumgehalt des Knochens - ist ersichtlich, daß bei Bestehen von Magnesiumblutwerten $1.5\text{mg}/100\text{ml}$ über einen längeren Zeitraum (mindestens 2 Wochen) der Magnesiumgehalt des ersten Schwanzwirbels ca. $700\text{mg}/100\text{g}$ Knochenasche beträgt. Setzt man für die Plasmawerte der letzten Fütterungswoche x (7 Wochen nach Implantation für 12 Kälber, für 3 weibliche Kälber jeweils letzte Lebenswoche; Mittelwert aus vier Messungen) und für die Magnesiumkonzentration der Knochenasche y in die Korrelationsgleichung ein, so ergibt sich eine enge Beziehung zwischen diesen beiden Meßreihen.

Der Korrelationskoeffizient r betrug 0.64 . Die Prüfung der errechneten Beziehung x, y auf Signifikanz ergab einen p -Wert < 0.01 .

Bei Ende des Fütterungsversuchs waren vier der im Versuch stehenden Tiere vorzeitig verendet (Coli-enterotoxämie). Dadurch ist eine abschließende Bewertung mit korrelations-statistischer Berechnung innerhalb der einzelnen Gruppen kaum mehr möglich.

Die abschließende Tab.14 orientiert über die nach Versuchsgruppen geordneten Mittelwerte der Magnesiumkonzentration im Knochen und im Blutplasma eine Woche vor der Schlachtung oder dem Verenden, soweit diese Daten noch erfaßt werden konnten.

Tabelle 14 Magnesiumgehalt von Knochenasche und Blutplasma ca. 1 Woche vor Tötung von Mastkälbern

Gruppe	n	Magnesiumgehalt (mg) je	
		100g Knochenasche	100ml Plasma
Versuchsgruppe männlich(Kalb a-c)	3	856	1.70
Kontrollgruppe männlich(Kalb e-f)	2	844	1.78
Versuchsgruppe weiblich(Kalb 2-4)	3	701	1.45
Versuchsgruppe weiblich(Kalb 1+6)	2	815	1.80
Kontrollgruppe weiblich(Kalb 7-11)	5	820	1.81

5 DISKUSSION

5.1 Magnesium im Blutplasma

An Hand der vorliegenden Untersuchungsergebnisse läßt sich der Einfluß einer Implantation von 200mg 17 β -Östradiol + 1400mg Trenbolonacetat auf die Magnesiumkonzentration im Plasma von weiblichen Mastkälbern nachweisen. Bei vier von sechs Tieren (Kalb 2 - 5) war der Magnesiumblutspiegel von einem Ausgangswert 1.79 ± 0.14 mg/100ml Plasma innerhalb eines Zeitraumes von 4 Wochen nach Hormonbehandlung bis auf 1.24 ± 0.19 mg/100ml abgefallen. In der Kontrollgruppe hatte die Applikation von Placebos (Lactose-Pellets) keinen Effekt auf den Magnesiumgehalt des Blutplasmas (1.84 ± 0.12 bzw. 1.72 ± 0.12 mg/100ml).

Für jedes der vier Versuchskälber ließ sich eine signifikante Beziehung zwischen Magnesium im Plasma und Versuchsdauer erstellen. Damit ergab sich für diese Tiere ein Absinken des Plasmamagnesiumspiegels um 0.13 mg/100ml pro Woche nach Implantation.

Hierdurch können frühere Befunde von GROPP und Mitarbeitern(1975b) bestätigt werden. Die Autoren stellten bei drei weiblichen Mastkälbern nach Implantation der Östradiol-Trenbolon-Kombination in gleicher Dosierung (ÖT10) ebenfalls ein Absinken des Plasmamagnesiums fest. In ihrem Experiment betrug der Ausgangswert 1.86 mg Mg/100ml Plasma.

In der 2. bis 4. Woche nach Verabreichung des Anabolikums stellte sich mit 1.45 mg/100ml Plasma ein relativ konstantes und im Vergleich zur Kontroll-

gruppe niedrigeres Niveau ein.

In den eigenen Untersuchungen zeigte die Implantation von 200mg 17 β -Östradiol + 1400mg Trenbolonacetat bei 2 Kuhkälbern (Tier 1 und 6) keine nachweisbare Wirkung auf den Magnesiumblutspiegel.

Für die Gesamtheit der Versuchsgruppe männlich (n=3) konnte ein signifikanter Abfall der Plasmamagnesiumkonzentration nach Implantation beobachtet werden. In der vierten Versuchswoche war der Plasmamagnesiumspiegel mit 1.59mg/100ml auf 85% des Ausgangswertes (1.86mg/100ml) abgesunken. Aus der Regressionsanalyse ergab sich ein wöchentlicher Rückgang der Magnesiumkonzentration im Plasma um 0.06mg/100ml. Bei den Kontrollbullkälbern wurden 4 Wochen nach Versuchsbeginn noch 99% des Ausgangswertes (1.67mg/100ml) gemessen.

Die Auswertung dieser Daten nach Einzelkälbern ergab, daß die negative Korrelation zwischen Versuchsdauer und Magnesiumblutspiegel nur für 2 von 3 Bullkälbern signifikant war,

Damit war bei Kuh- und Bullkälbern bei jeweils zwei Drittel des behandelten Tierkollektivs ein signifikanter Effekt auf die Magnesiumkonzentration im Plasma eingetreten. Allerdings fiel, wie sich aus einem Vergleich der Regressionskoeffizienten ableiten läßt, die Beeinflussung des Plasmamagnesiumspiegels bei Bullkälbern nur etwa halb so hoch aus wie bei Kuhkälbern. Ob dieser unterschiedlich starke Einfluß des Anabolikums auf den Magnesiumhaushalt weiblicher und männlicher Kälber auf eine individuelle Streuung infolge zu kleiner Stichproben zurückzuführen ist, oder auf einer mehr oder weniger geschlechtsspezifischen Wirkung der eingesetzten Hormonkombination be-

ruht, kann an Hand der bisher vorliegenden Ergebnisse nicht entschieden werden. Dagegen darf als wahrscheinlich gelten, daß die zwischen Kuh- und Bullkälbern gefundene Differenz nicht auf einer unterschiedlich starken Beeinflussung des Wachstums durch die anabole Präparation beruht. Die Implantation von Östradiol + Trenbolonacetat hatte die Gewichtsentwicklung von Bullkälbern im Versuchszeitraum um 30% gegenüber der Kontrolltiere ansteigen lassen, die Zunahmerate von 4 Kuhkälbern war dagegen auf Kontrollgruppenniveau verblieben. Für die 2 Kuhkälber ohne signifikante Änderung der Plasmamagnesiumkonzentration im Versuchszeitraum wurden 1705g tägliche Zunahme gemessen, für die 4 übrigen Tiere derselben Gruppe mit Absinken des Magnesiumblutspiegels dagegen nur 1198g/Tag.

Auch dieses Ergebnis steht mit früher von GROPP et al. (1975b) erhobenen Befunden im Einklang. Eine Erhöhung der Östradiol + Trenbolondosis von 200 + 1400mg/Kalb (ÖT10) auf 500 + 3500mg/Kalb (ÖT25) hatte zu einer Wachstumsdepression um 20% geführt; der Plasmamagnesiumspiegel dieser Gruppe war jedoch in der 2. bis 4. Versuchswoche mit 1.25mg deutlich niedriger als in der ÖT10 mit 1.45mg/100ml.

Die oben zitierten Resultate lassen sich wie die eigenen Daten als ein mehr oder weniger unmittelbarer Einfluß der Anabolikaverabreichung auf den Magnesiumblutspiegel deuten. Vergleichbare Befunde wurden von KOLB (1952) publiziert. Sechs Rinder hatten eine Injektion von 0.5 bis 1.0g einer Östrogenwirksamen Präparation (Foragynol) erhalten. Daraufhin fiel der Magnesiumblutspiegel bei 2 Tieren von 1.6 auf 1.1, bzw. von 2.0 auf 1.5mg/100ml ab. Allerdings folgten

auf die Hormonverabreichung bei diesen beiden Tieren schwere Störungen des Allgemeinbefindens. Eine nähere Begründung für die unterschiedliche Reaktion der Versuchstiere wurde nicht gegeben.

5.2 Magnesium im Harn

Auch am Verhalten der Magnesiumkonzentration im Harn, einem weiteren wichtigen Parameter zur Beurteilung der Magnesiumversorgungslage, läßt sich die Reaktion der 4 Kuhkälber in der Versuchsgruppe auf die Hormonbehandlung ablesen. Mit einem Korrelationskoeffizienten von nur -0.36 ist die Beziehung zum Zeitabstand nach der Implantation allerdings weit weniger eng als der korrespondierende Koeffizient Versuchsdauer - Plasmakonzentration mit -0.82 .

Eine gleichgerichtete Beziehung läßt sich jedoch nur in der Tendenz auch bei männlichen Mastkälbern erkennen. Hier betrug der Korrelationskoeffizient für die Beziehung Woche nach Implantation und Magnesiumkonzentration im Harn nur -0.15 , der zugehörige Wert für Plasmamagnesiumspiegel -0.59 .

Konzentrationsmessungen in Spontanharnproben besitzen wegen starker circadianer Diureseschwankungen naturgemäß nur eingeschränkte Aussagekraft (BOEHNCKE, 1971). Die bei Mastkälbern mit zunehmendem Lebensalter übliche Verminderung der Harnproduktion (WANDL, 1975) mag darüberhinaus der Tendenz zu abnehmenden Magnesiumkonzentrationen im Harn entgegenwirken. Dies ist umso wahrscheinlicher, als im Harn der weiblichen und männlichen Kontrollkälber während des Versuchszeitraums ein leichter Anstieg des Magnesiumgehaltes

($r = +0.44$ bzw. $+0.15$) zu verzeichnen war.

Deutlicher als das Absinken der Magnesiumkonzentration im Harn weist die Einschränkung der renalen Magnesiumausscheidung (mg/Tag) in der 3. und 4. Woche nach Implantation auf den Östradiol-Trenbolon-Einfluß hin. Als Folge der verminderten Magnesiumkonzentration im Plasma wurde bei Kuhkälbern (2 - 5) der Versuchsgruppe die tubuläre Magnesiumrückresorption gesteigert, und die Ausscheidung im Harn im Vergleich zur Kontrollgruppe (215mg/Tag) auf 81mg/Tag herabgesetzt.

Die Wirkung einer Östradiol-Trenbolon-Gabe auf die renale Magnesiumausscheidung wird bei Bullkälbern nicht mehr deutlich (Versuchsgruppe: 197mg/Tag; Kontrollgruppe: 147mg/Tag). Dies dürfte mit dem höheren Plasmamagnesiumspiegel der Versuchsgruppe zu Versuchsbeginn zusammenhängen, da die Magnesiumausscheidung im Bereich von 1.5mg Mg/100ml Plasma eng mit der Plasmakonzentration korreliert ist (BOEHNCKE et al., 1974a). Für diese Beziehung ergibt sich bei Bullkälbern ein nicht signifikanter Korrelationskoeffizient von -0.2 . Prinzipiell kann aber gesagt werden, daß eine Östradiol-Trenbolon-Behandlung die generell vorhandene Beziehung zwischen Plasmamagnesiumspiegel und Magnesium-Harnausscheidung nicht stört. Die Wirkung der ÖT10-Gabe auf den Plasmamagnesiumgehalt kann daher nicht als ein durch das Anabolikum hervorgerufener Niereneffekt erklärt werden.

5.3 Magnesiumausscheidung im Kot

Über die Magnesiumausscheidung im Kot ließen sich nur wenige Daten gewinnen. Sie beziehen sich ausschließ-

lich auf die 4. und 5. Versuchswoche. Hier konnte an Hand einer Modellrechnung auf einen durch ÖT10-Einfluß verringerten scheinbaren Absorptionskoeffizienten für Magnesium geschlossen werden. Diese Werte: scheinbare Verdaulichkeit 33% in der Kontrollgruppe, 27% in der ÖT10-Gruppe, liegen durchaus im Bereich gemessener und errechneter Daten dieser Altersklasse (MEYER, 1963; WANDL, 1975). Auch wenn unseren Werten aus Gründen der kurzen Versuchsdauer (2 Wochen lang 2 x 2 Tage; Kot- und Harnsammlung) nur eine eingeschränkte Aussagefähigkeit zukommt, so scheinen sie doch mit der Beeinflussung des Magnesiumstoffwechsels durch eine ÖT-Gabe in Zusammenhang zu stehen, ohne daß die ursächliche Wirkung näher bestimmt werden kann.

Wenn es unter ÖT-Einfluß zu einer Verminderung des Plasmamagnesiumspiegels und der Magnesiumharnausscheidung, sowie zu der Magnesiumreduktion im Knochen kommt, ohne daß auch die anderen Körperkompartimente eine erhebliche Abnahme ihrer Magnesiumkonzentration aufweisen, was für die Körpermuskelmasse ausgeschlossen werden konnte (GROPP et al., 1975b), dann bietet sich als Erklärung für die ÖT-Wirkung auf den Plasmamagnesiumspiegel ausschließlich eine Erhöhung der fäkalen Magnesiumausscheidung an. Damit ist nicht gesagt, daß die wahre Magnesiumverdaubarkeit beeinflusst ist, ebenso kann der gemessene Effekt über eine Erhöhung der endogenen fäkalen Magnesiumausscheidung erfolgen.

Berücksichtigt man die obigen Schlußfolgerungen, so läßt sich auch der Befund deuten, daß nur für zwei Drittel der behandelten Kälber ein gleichgerichteter

Effekt auf den Plasmamagnesiumspiegel aufgefunden wurde, während die Plasmakonzentration bei den restlichen Kälbern relativ unbeeinflusst auf dem Ausgangsniveau verharrte.

Nach Untersuchungen von WANDL (1975) an 12 männlichen Mastkälbern bestehen auch bei gleicher Magnesiumaufnahme (mg/kg Körpergewicht und Tag) erhebliche individuelle Unterschiede in der renalen Magnesiumausscheidung (1.8 ± 0.8 bis 9.8 ± 0.6 mg Mg/kg Körpergewicht und Tag). Wenn die Höhe der Magnesiumausscheidung im Harn Rückschlüsse auf die Magnesiumverwertung zuläßt, kann aus diesen Daten auf individuelle Differenzen in der scheinbaren Magnesiumverdaulichkeit geschlossen werden, die in einer ähnlichen Größenordnung liegen müßten. Daraus folgt, daß sich in einem Tierkollektiv, das unseren Versuchskälbern entspricht, ein scheinbarer Verdaunungsquotient für Magnesium zwischen 19 und 50% ergibt.

Unter der Voraussetzung derartig breit gestreuter Ausgangswerte für die scheinbare Magnesiumverdaulichkeit mag die Hormonbehandlung der einzelnen Kälber durchaus auch unterschiedlich starke Effekte auf den Magnesiumhaushalt zur Folge haben.

Um eine Beeinflussung des Plasmamagnesiumspiegels über eine erhöhte Magnesium-Kotausscheidung durch Anabolika zu erreichen, kommt es aber darauf an, in welchem Bereich diese Abnahme der scheinbaren Magnesiumabsorption stattfindet. Eine Reduktion des Verdaunungsquotienten von 50 auf 40% wird den Magnesiumstatus eines Kalbes kaum beeinflussen, wohl aber eine Verminderung von 20 auf 10%. Ebenso wichtig ist die Magnesiumaufnahme/Gewichtszunahme (entspricht der Futterverwertung).

Erfolgt bei Tieren, die unter dem Einfluß von Anabolika besonders hohe Wachstumsraten aufweisen, und deren Magnesiumaufnahme/Gewichtszuwachs ohnehin den vergleichbaren Wert normal wachsender Kontrollkälber unterschreitet, noch eine Verminderung des verfügbaren Magnesiums (= erhöhte Magnesiumausscheidung), dann liegt die Gefahr einer suboptimalen Magnesiumversorgung besonders nahe.

5.4 Magnesiumversorgung

Während unter Normalbedingungen (keine Verwendung von Anabolika) der Magnesiumgehalt im Milchaustauschfutter von 0.13% sich auch für höchste Wachstumsleistungen als ausreichend erwiesen hat, sollte dieser "Bedarfs-wert" bei Verwendung von Östradiol + Trenbolonacetat neu überprüft werden.

Die obigen Ergebnisse stellten sich erst bei einer 10-fachen ÖT-Gabe ein; dennoch können gleichgerichtete Effekte bei etwa 5% aller behandelten Kälber, deren Magnesium-Absorptionsquotient ohnehin im Bereich von ca. 20% liegt, nicht ausgeschlossen werden. Diese Überlegung wird durch Berichte aus Frankreich bestätigt (BOUFFAULT und GRANDADAM, 1975). Dort wird Östradiol + Trenbolonacetat häufig eingesetzt, worauf bei Magnesiumkonzentrationen von 0.12 - 0.13% im Milchaustauschfutter und Verwendung von Revalor vereinzelt Magnesiummangelerscheinungen auftreten. So kann ÖT10 mit Sicherheit bei einigen Tieren zu einer starken Erhöhung des Magnesiumbedarfs führen. In den Untersuchungen von GROPP et al., (1975b) wurde der vor der Hormonbehandlung

gemessene Ausgangswert von 1.86mg Mg/100ml Plasma erst 14 Tage nach Erhöhung der Magnesiumkonzentration im Milchaustauschfutter von 0.14 auf 0.19% wieder erreicht..

In den eigenen Versuchen konnte der Blutspiegel eines weiblichen Kalbes der Versuchsgruppe nach Anhebung des Magnesiumgehaltes im Milchaustauschfutter von 0.13 auf 0.21% noch 3 Wochen über das Versuchsende hinaus verfolgt werden. Die Erhöhung des Magnesiumangebotes bewirkte einen Anstieg der Magnesiumkonzentration im Plasma von nur 0.91 auf durchschnittlich 1.30mg/100ml.

Aus beiden Ergebnissen wird die relativ langsame Reaktion des Magnesiumstoffwechsels behandelter Kälber auf eine Erhöhung der Magnesiumzufuhr deutlich. Damit ist die Bedeutung einer frühzeitigen Korrektur des Magnesiumgehaltes im Milchaustauschfutter unterstrichen.

6 ZUSAMMENFASSUNG

An 11 Kuh- und 6 Bullkälbern (Höhenfleckvieh; Gewicht: 80 bis 118 kg; Versuchsdauer: 5 Wochen) wurde die Wirkung einer subcutanen Implantation von 200mg 17 β -Östradiol und 1400mg Trenbolonacetat auf den Magnesiumstoffwechsel untersucht. Als Versuchsparameter dienten die Magnesiumkonzentration in Plasma und Harn sowie partiell im Kot und Knochen. Daneben wurde die Magnesiumausscheidung über Kot und Harn quantitativ und stichprobenweise erfaßt. Die Magnesiumbestimmung in allen untersuchten Proben erfolgte mittels der Atomabsorptionsspektralphotometrie.

Nur jeweils zwei Drittel der behandelten Kälber zeigten eine Reaktion des Magnesium-Plasmaspiegels auf Östradiol-Trenbolon-Implantation: Es ergab sich hierbei eine signifikante, negative Korrelation zwischen Versuchsdauer und Magnesium-Plasmagehalt. Diese Ergebnisse sind in einer Tabelle zusammengefaßt.

Tabelle Magnesiumspiegel im Blutplasma in mg/100 und Relativzahlen (% des Ausgangswertes)

Versuchs- woche	Kuhkälber		Bullkälber	
	Kontrolle	behandelt	Kontrolle	behandelt
vor Ver- suchs- beginn	1.84 $\pm$ 0.12	1.79 $\pm$ 0.14	1.67 $\pm$ 0.10	1.86 $\pm$ 0.10
1	92	91	97	93
2	101	82	106	87
3	92	77	98	89
4	93	69	99	85

Die Reduktion des Plasma-Magnesiumspiegels der Versuchskälber war nur bei Kuhkälbern von einer deutlichen Abnahme der Magnesiumkonzentration im Harn begleitet; auch die Magnesiumausscheidung/Tier und Tag unterschritt hier mit 81mg den Kontrollgruppenwert von 215mg signifikant. Bei Bullkälbern trat dieser Effekt nicht auf.

Der Magnesiumblutspiegel in der letzten Woche vor der Schlachtung war mit dem Magnesiumgehalt im Knochen signifikant korreliert.

Eine Zuordnung von fäkaler Magnesiumausscheidung zu Magnesiumaufnahme und Gewichtsentwicklung läßt vermuten, daß durch Östradiol und Trenbolon sowohl die scheinbare Magnesiumabsorption als auch die Magnesiumretention/Gewichtszunahmeeinheit verringert wird.

Das den Plasma-Magnesiumspiegel reduzierende Prinzip einer Östradiol-Trenbolon-Verabreichung wird daher in einer Verminderung der wahren Magnesiumabsorption oder einer Erhöhung der fäkalen endogenen Magnesium-Kotausscheidung gesehen.

S U M M A R Y

Effects of subcutaneous implantation of 200mg estradiol plus 1400mg trenbolone-acetate were studied in 11 female and 6 male calves of the Simmental breed (weight: 80 -118kg) during 5 weeks after administration. Magnesium-levels in plasma, in urine and feces samples and in bone were used as parameters of magnesium-metabolism. Additionally, the excretion of magnesium was measured quantitatively and by random-tests. Magnesium in the samples was determined via atomic absorption spectroscopy.

In two thirds of the calves treated, plasma levels of magnesium decreased progressively and significantly after implantation (see table in summary).

Table magnesium in plasma mg/100ml and in percent based on initial level

week	female calves		male calves	
	control	implanted	control	implanted
starting point	1.84 $\pm$ 0.12	1.79 $\pm$ 0.14	1.67 $\pm$ 0.10	1.86 $\pm$ 0.10
1	92	91	97	93
2	101	82	106	87
3	92	77	98	89
4	93	69	99	85

In females, this decrease was accompanied by a

significant decrease in urinary magnesium-content, 81mgs/calf/day and 215mgs in control animals, respectively. This decrease did not occur in the males.

There was also a significant correlation between plasma levels of magnesium and the magnesium-concentration in bone towards the end of the experimental period.

There is reason to believe, that - concerning the relation of the weekly magnesium-intake, magnesium-excretion in feces and development of body weight - the magnesium-absorption as well as the magnesium-retention in body does decrease by estradiol and trenbolone-acetate.

In view of the high estradiol-trenbolone-dosis and its effect on the blood level of magnesium a decrease of the true magnesium-absorption or an increase of endogenous magnesium-excretion must be assumed.

7 L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

BECK'SCHE TEXTAUSGABEN

Lebensmittelrecht

Verlag C.H.Beck, München 1975

BOEHNCKE, E., 1971

Methodische Studien zur Elektrolytausscheidung bei
männlichen Saugkälbern und Jungbullen

Med.vet.Diss., Uni-München

BOEHNCKE, E., GROPP, J., 1973

Über den Einfluß eines Anabolikums auf die N-Reten-
tion von Mastkälbern

Landw. Forschung, 28/II, 11-20

BOEHNCKE, E., SCHULZ, V., GROPP, J., 1974a

Zur Magnesiumversorgung von Mastkälbern

Z. Tierphysiol. Tierernährg. u. Futtermittelkde.

33 208-209

BOEHNCKE, E., 1974b

Magnesiumkonzentration im Serum von Mastkälbern

Unveröffentlichte Versuchsergebnisse

BOEHNCKE, E., GROPP, J., 1975

Der Einfluß von Anabolika auf die N-Retention von
Mastkälbern

in: Anabolika in der Kälbermast

Beiheft 6 zur Z. Tierphysiol. Tierernährg. u.

Futtermittelkde. 18-25

BOUFFAULT, J.C., GRANDADAM, A., 1975

Mündliche Mitteilung

BRÜGGEMANN, J., RICHTER, O., 1975

Vorwort: zu Anaboliká in der Kälbermast

Beiheft 6 zur Z. Tierphysiol. Tierernährg. u.

Futtermittelkde. 3-4

BRÜGGEMANN, J., TIEWS, J., GROPP, J., BOEHNCKE, E., 1973

Über den Einfluß eines Anabolikums auf Mastleistung
und Stickstoffretention von Kälbern; zugleich ein
Beitrag zur einfachen Ermittlung der Stickstoffbilanz
Wiener Tierärztliche Monatsschrift 60 92-95

DE WARDENER, H.E., 1973

The control of sodium excretion

in: Handbook of Physiology

Section 8: Renal Physiology

American Physiological Society, Washington

EARLY, L.E., SCHRIER, R.W., 1973

Intrarenal control of sodium excretion by haemodynamic
and physical factors

in: Handbook of Physiology

Section 8: Renal Physiology

American Physiological Society, Washington

ENDER, F., DISHINGTON, I.W., HELGEBOSTAD, A., 1957

The magnesium problem in relation to the tetany
paresis syndrome in dairy cows

Nord.vet.med. 9 ,881

FISCHER, A., SCHRÖDER, K., 1975

Beeinflussung verschiedener Kriterien der Qualität
von Kalbfleisch durch den Einsatz östrogenwirksamer
Präparate in der Mast

in: Anabolika in der Kälbermast

Beiheft 6 zur Z. Tierphysiol. Tierernährg. u.

Futtermittelkde. 59-65

GROPP, J., BOEHNCKE, E., SCHULZ, V., BOUFFAULT, J. C., 1974

Estradiol and Trenbolone as anabolic agents for calves

Kurzreferat Nr. 387a unter dem Titel:

Abstracts of papers for presentation at the 66 Annual
Meeting of the American Society of Animal Science

J. Anim. Sci. 39, No 1, 239

GROPP, J., BOEHNCKE, E., SCHULZ, V., v. SANDERSLEBEN, J.,

GEISSEL, O., HÄNICHEN, TH., 1975b

Die Wirkung von 17 β -Östradiol und Trenbolonacetat in
unterschiedlicher Dosierung auf verschiedene physio-
logische und morphologische Parameter (Provokations-
versuch)

in: Anabolika der Kälbermast

Beiheft 6 zur Z. Tierphysiol. Tierernährg. u.

Futtermittelkde. 33-52

GROPP, J., MATZKE, P., SCHULZ, V., FERSTL, R. U., PESCHKE, W.,
1975a

Mast- und Schlachtleistung von Kälbern unter dem
Einfluß von Anabolika (Pilotversuch)

in: Anabolika der Kälbermast

Beiheft 6 zur Z. Tierphysiol. Tierernährg. u.

Futtermittelkde. 10-17

HOFFMANN, B., 1975

Anabole Substanzen-Definition und chemische Strukturen
in: Anabolika in der Kälbermast
Beiheft 6 zur Z. Tierphysiol. Tierernährg. u.
Futtermittelkde. 7-10

IRVING, J.T., 1973

Calcium and phosphorus metabolism
Academic Press, New York and London

JABIR, F.K., ROBERTS, S.D., WOMERSLEY, R.A., 1957

Studies on the renal excretion of magnesium
Clinic Sci. 16, 120

KERK, P. van de, GRIMBERG, A.H.M., 1968

The AKZ-test carried out in the field in a hypo-
magnesaemia period
Tijdschr. Diergeneeskd. 93, 917

KOLB, E., 1952

Über den Einfluß von Östrogenen auf den Gehalt
des Blutes an Calcium, Magnesium und Phosphat
Med.vet.Diss., Uni-München

KOLB, E., GÜRTLER, H., 1971

Ernährungsphysiologie der landwirtschaftlichen Nutz-
tiere
VEB Gustav Fischer Verlag, Jena

KRAMER, H.J., GONICK, H.C., KRÜCK, F., 1972

Übersichten: Natriuretisches Hormon
Klin.Wschr. 50, 893

MEYER,H.,1971

Zur Beurteilung der Mineralstoff- und Spurenelement-
versorgung beim Rind

Mitt. f. Tierärzte 24 , 3

MEYER,H.,1963

Magnesiumstoffwechsel, Magnesiumbedarf und Magnesium-
versorgung bei den Haustieren

Verlag M. u. H.Schaper, Hannover

Nutrition Reviews, 1973

Control of vitamin D metabolism

vol. 31, 187

SACHS,L.,1968

Statistische Auswertungsmethoden

Springer Verlag Berlin-Heidelberg-New York

SCHMIDT,P.,1960

Über den Einfluß des Thyroxins auf den Magnesium-
und Calciumstoffwechsel beim Kalb

Med.vet.Diss., Hannover

SCHULZ,V.,BRANDT,A.,ERBERSDOBLER,H.,1975

Der Einfluß von Anabolika auf die Fleischzusammen-
setzung von Mastkälbern

in: Anabolika in der Kälbermast

Beiheft 6 zur Z. Tierphysiol. Tierernährg. u.

Futtermittelkde. 53-58

SCHULZ, E., OSLAGE, H. J., DAENICKE, R., 1974

Untersuchungen über die Zusammensetzung der Körpersubstanz sowie den Stoff- und Energieansatz bei wachsenden Mastbullen

Fortschr. in der Tierphysiol. und Tierernährg.

Beiheft 4 zur Z. Tierphysiol. Tierernährg. u.

Futtermittelkde.

SEIDEL, H., GÜRTLER, H., 1974

Weidetetanie

Gustav Fischer Verlag, Jena

TIEWS, J., GROPP, J., BOEHNCKE, E., 1972

Studies on the effect of an anabolic agent (Oestradiolbenzoate-Trienbolone) on Nitrogen-Retention on fattening calves

Proceedings of the International Meeting on Use of Oestrogens in cattle breeding

Herausgegeben von R. Ferrando, 7-11

ULLRICH, K. J., 1973

"Anatomie" des Epithels

Analyse des Stofftransportes durch den proximalen Nierentubulus

Naturwissenschaften 60, 290

VAN DER WAL, P., BERENDE, P. L. M., 1973

Effect of anabolics on performance of calves

J. Anim. Sci. 37, 255 (Abstract)

VAN DER WAL,P.,VAN WEERDEN,E.J.,1973

Effect of anabolics on N-Retention of calves

J. Anim. Sci. 37, 255 (Abstract)

VAN DER WAL,P.,VAN WEERDEN,E.J.,BERËNDE,P.L.M.,

VAN HELLEMOND,K.K.,1972

The influence of anabolics on performance and
nitrogenretention of veal calves

in: Proceedings of the International Meeting on Use
of Oestrogens in cattle breeding

Alfort (France) 19.5.1972, 13

VOISIN,A.,1963

Die Weidetetanie

BLV Verlagsgesellschaft München-Basel-Wien

WANDL,M.,1975

Ein Beitrag zur Elektrolytausscheidung wachsender
Mastkälber

Med.vet.Diss., Uni-München

WALSER,M.,1973

Divalent cations: Physiochemical state in glomerular
filtrate and urine and renal excretion

Handbook of Physiology, Section 8

Renal Physiology

American Physiological Society, Washington

WILSON,A.A.,1964

Hypomagnesaemia and magnesium metabolism

Vet.Rec., 76 , 1382

D A N K S A G U N G

Für die Überlassung von Arbeitsmöglichkeiten zur Durchführung meiner Untersuchung möchte ich Herrn Prof.em. Dr.Dr.Dr.h.c.mult.J.Brüggemann und dessen Nachfolger Prof.Dr.H.Zucker herzlich danken, sowie auf die guten Arbeitsbedingungen im Institut hinweisen.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Priv.Doiz.Dr.J.Gropp und Herrn Dr.E.Boehncke für den Anreiz zu diesem Thema und für die allzeit hilfbereite und unermüdliche Unterstützung im experimentellen und theoretischen Bereich, sowie Herrn Dr.H.Beck für die Betreuung meiner Arbeit.

Ferner darf ich Herrn W.Bunge, der sich aufgrund seiner langjährigen praktischen Erfahrung mit großem Eifer für die Versorgung und Pflege der Versuchstiere einsetzte, und Fräulein Elisabeth Stadler für die technische Assistenz aufrichtig danken.

LEBENS LAUF

Am 1.Jan.1948 wurde ich, Gerhard Adam, als Sohn des Ingenieurs Josef Adam und seiner Ehefrau Anastasia, geb. Neuner, in München geboren.

Meine 6-jährige Volksschulzeit verbrachte ich an einer Münchner Grundschule. Im Herbst 1960 trat ich in das Luitpold-Gymnasium in München ein, an dem ich im Sommer 1969 mit dem Abitur meine Schulausbildung abschloß. Zum Wintersemester 1969/70 immatrikulierte ich mich an der Universität München für das Studium der Tiermedizin. Hier bestand ich im November 1974 das Staatsexamen und erhielt am 20.Dezember des gleichen Jahres meine Approbation.

Seit dem 1.Aug.1975 bin ich als Verwalter der Dienstgeschäfte eines wissenschaftlichen Assistenten am Institut für Physiologie, physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie im Fachbereich Tiermedizin der Universität München tätig.

